

N.V. WED. J. AHREND EN ZOON
AMSTERDAM

LANDMETEN EN WATERPASSEN

BEKNOPTE HANDLEIDING

VOOR HET

LANDMETEN

EN

WATERPASSEN

DOOR

L. ZWIERS

DERDE, VERMEERDERDE DRUK



1919

N.V. WED. J. AHREND & ZOON - AMSTERDAM

VOORWOORD BIJ DEN EERSTEN DRUK.

Bij de samenstelling van dit werkje hebben wij in de eerste plaats het oog gehad op die bouw- en waterbouwkundigen, welke in den regel belast zijn met de practische uitvoering van waterpassingen, détailmetingen en uitzetten.

De ondervinding, zoowel hier te lande als in Indië opgedaan, heeft ons geleerd, dat aan velen een beknopt handboekje, dat zoo noodig tevens kan dienen als inleiding tot eene meer uitgebreide studie der Geodesie, welkom zal zijn.

Voor hen, die zich wenschen te bekwamen voor het examen van Opzichter van den Waterstaat hier te lande of in Nederlandsch-Indië, of hen, die de door de Maatschappij tot bevordering der Bouwkunst ingestelde examens wenschen af te leggen, vertrouwen wij, dat de door bestudeering van dit boekje opgedane kennis ruim voldoende zal zijn.

Voorts is gelet op hetgeen Architecten en Bouwkundigen, Spoor- en Tramwegopzichters van het vak behooren te weten.

Of wij er in geslaagd zijn onzen arbeid aan het vooropgestelde doel te doen beantwoorden, moge aan het oordeel van ter zake bevoegden worden overgelaten.

Voor welwillende opmerkingen houden wij ons aanbevolen.

Heerlen, Juli 1904.

DE SCHRIJVER.

VOORWOORD BIJ DEN TWEEDEN DRUK.

Met ingenomenheid mogen wij constateeren, dat op den eersten druk zeer weinig bemerkingen bij ons inkwamen. Wij hebben echter het boekje met zorg herzien en, waar noodig, verbeterd en uitgebreid, waardoor het, naar wij hopen, nog beter aan het doel zal beantwoorden.

Amsterdam, September 1911.

DE SCHRIJVER.

VOORWOORD BIJ DEN DERDEN DRUK.

In dezen druk hebben wij uitgebreide veranderingen aangebracht, voornamelijk tot verbetering en uitbreiding der figuren en door toevoeging van een hoofdstuk over Boussole-instrumenten. Ter wille van de practische bruikbaarheid is de beschrijving van enkele reeds verouderde constructies van instrumenten in dezen druk nog behouden.

Amsterdam, Najaar 1919.

DE SCHRIJVER.

INHOUD.

INLEIDING.

EERSTE AFDEELING.

Eenvoudige lengte- en hoekmetingen.

HOOFDSTUK I.

HULPMIDDELEN.

HOOFDSTUK II.

INSTRUMENTEN TOT HET UITZETTEN VAN RECHTE HOEKEN.

HOOFDSTUK III.

EENVOUDIGE METINGEN.

TWEEDE AFDEELING.

Hoogtemetingen.

HOOFDSTUK IV.

EENVOUDIGE WATERPASINSTRUMENTEN.

HOOFDSTUK V.

NAUWKEURIGE WATERPASINSTRUMENTEN.

HOOFDSTUK VI.

HET UITVOEREN VAN EENE WATERPASSING.

DERDE AFDEELING.

Nauwkeurige hoekmeetinstrumenten.

HOOFDSTUK VII.

ONDERDEELEN VAN HOEKMEETINSTRUMENTEN.

HOOFDSTUK VIII.

SEXTANT.

HOOFDSTUK IX.

PLANCHET.

HOOFDSTUK X.

THEODOLIET.

HOOFDSTUK XI.

TACHYMETER.

HOOFDSTUK XII.

BOUSSOLE-INSTRUMENTEN.

VIERDE AFDEELING.

Opmeten en Uitzetten.

HOOFDSTUK XIII.

ALGEMEENE GANG DER METING.

HOOFDSTUK XIV.

BEREKENING DER DRIEHOEKEN.

HOOFDSTUK XV.

OPNEMEN.

HOOFDSTUK XVI.

BEPALEN VAN INHOUDEN DOOR METING OP DE KAART.

HOOFDSTUK XVII.

OPNEMEN VAN HOOGTELIJNEN.

HOOFDSTUK XVIII.

PEILINGEN.

HOOFDSTUK XIX.

UITZETTEN.

INLEIDING.

Onder *Geodesie* wordt verstaan de wetenschap, welke zich bezighoudt met het bepalen van vorm en grootte van het aardoppervlak in zijn geheel of gedeeltelijk.

Een onderdeel van deze wetenschap noemt men *landmeten*, waarvan het doel is, door rechtstreeksche metingen *hoeken* en *afstanden* te bepalen, of deze door *berekening* uit de metingen af te leiden.

Het bepalen der hoogteligging van verschillende terreinpunten ten opzichte van een zelfde waterpasvlak is het doel van het *waterpassen*.

Bij den aanleg van werken; of het maken van gebouwen moeten de op de teekening aangegeven hoeken, afstanden, hoogten en diepten op het terrein worden overgebracht *(uitgezet)*. Ook deze werkzaamheden behooren tot het gebied der landmeting. Zij worden verricht met behulp van *landmeet-* en *waterpasinstrumenten*.

Bij het opmeten van terreinen van betrekkelijk geringe uitgebreidheid (40—50 K.M. hoogstens) wordt met den bolvorm der aarde geen rekening gehouden. Voor zoodanige opmetingen is de kennis der vlakke meetkunde *(planimetrie)* en van de vlakke driehoeksmeting *(gonio- en trigonometrie)* meestal voldoende.

Dit onderdeel der landmeetkunde noemt men *lagere* geodesie.

De hoogere geodesie houdt rekening met den bolvorm der aarde.

EERSTE AFDEELING.

Eenvoudige lengte- en hoekmetingen.

HOOFDSTUK I.

HULPMIDDELEN.

§ 1. **Algemeene opmerkingen.** Voor het doen van eenvoudige lengtemetingen maakt men gewoonlijk gebruik van niet zeer samengestelde instrumenten en hulpmiddelen. In de eerste plaats komen in aanmerking voor directe metingen: *meetlat, meetketting, meetband* (of *meetveer*), *jalons* en *peilstok*, en voor het uitzetten van lijnen of hoeken: *équerre, spiegelkruis* en *prisma van Bauernfeind.* *)

§ 2. **Meetlat.** Deze bestaat eenvoudig uit een houten lat met quadraatvormige of rechthoekige doorsnede, heeft eene lengte van 2 M. of 5 M. en is, door ingebrande of met koper ingelegde verdeeling, verdeeld in decimeters en centimeters. De uiteinden zijn van koperen of ijzeren schoenen voorzien.

Meetlatten worden in den regel vervaardigd van grenen- of teakhout. In den handel komen geijkte meetlatten voor van 2 en 5 M. lengte.

§ 3. **Meetketting.** De meetketting (fig. 1) bestaat uit gegal-

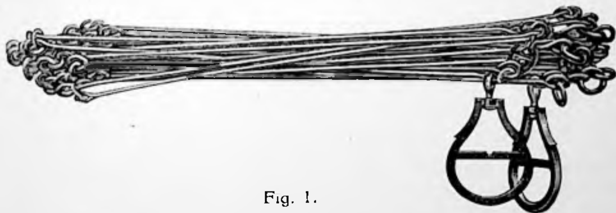


Fig. 1.

*) Genoemd naar den uitvinder, Dr. C. M. von Bauernfeind.

vaniseerd-ijzeren 50 c.M. lange schakels (staaldraad), die scharnierend aan elkander zijn verbonden. Meetkettingen worden in lengten van 10—30 M. vervaardigd en zijn aan beide einden van een koperen of ijzeren handgreep voorzien. Deze handgrepen hebben in het midden eene stang met holletje, waarin bij het meten één der ijzeren pennen wordt gestoken, welke ten getale van 11 stuks bij elken meetketting geleverd worden.

Meetkettingen worden veelvuldig gebruikt, doch zijn in het gebruik minder geschikt dan meetveeren. Ze zijn zwaarder dan deze, rekken in de verbindingen en krijgen op den duur kromme schakels. Zij zijn ook geijkt in den handel.

§ 4. **Meetband.** Meetbanden of -linten bestaan uit een linnen band, meestal met uiterst fijn koper- of bronsdraad

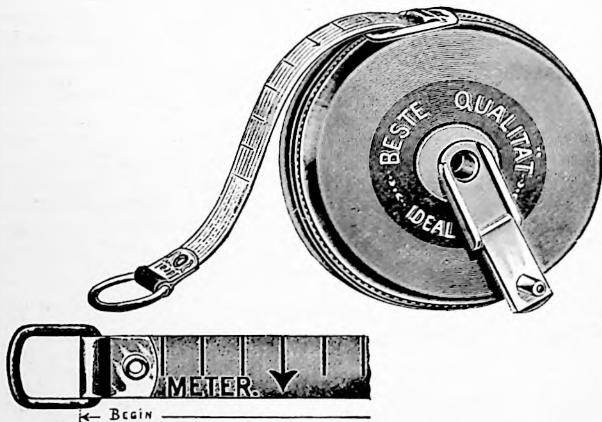


Fig. 2.

doorweven, en voorzien van een verdeeling in Meters, decimeters en centimeters. Zij worden in lengten van 10—30 M. geleverd en zijn opgerold in een harden lederen koker (fig. 2). Zij worden door middel van een slinger opgerold.

De meetlinten worden gebruikt voor dètailmetingen. Een nadeel is, dat bij gebruik in morsig terrein de verdeeling wegslijt. Voor uitgestrekte metingen verdienen meetketting of meetveer de voorkeur.

§ 5. **Meetveer.** In de plaats der meetkettingen gebruikt men in de laatste jaren ook meetveeren. Deze zijn zeer doelmatig en nauwkeuriger dan meetkettingen, die bovendien het nadeel hebben, dat een schakel dubbel kan slaan, zonder dat dit door den landmeter wordt bemerkt. Hierdoor maakt hij dus eene fout in de meting. Bij de meetveeren is dit uitgesloten. Zij bestaan (fig. 3 en 3*a*) uit een sterken stalen band ter lengte van 10—30 M. en zijn voorzien van gaatjes of koperen plaatjes voor de verdeeling in decimeters. Verder bevinden er zich koperen handvatten (fig. 3*b* en 3*c*) aan. Het oprollen geschiedt op een stalen of ijzeren haspel. Bij het meten worden, evenals bij den ketting, pennen gebruikt.

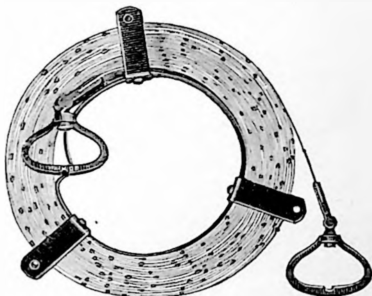


Fig. 3.

Eene andere soort van meetveeren is voorgesteld in de figuren 4 en 5. Deze hebben veel overeenkomst met de linnen meetbanden en zijn voor dètailmetingen zeer doelmatig. Zij zijn in lengten van 10—50 M. verkrijgbaar en in centimeters verdeeld.

Een nadeel van de meetveeren is, dat zij

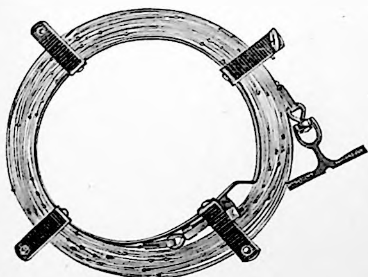


Fig. 3*a*.

bij hevigen wind of ruwe behandeling spoedig breken. Wel wordt reparatiemateriaal soms bijgeleverd, doch het herstellen

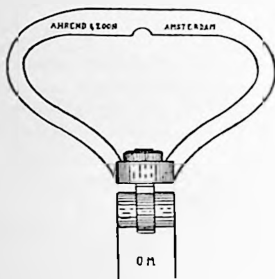


Fig. 3*b*.

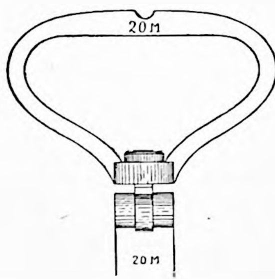


Fig. 3*c*.

is een lastig en tijdroovend werk. Om hieraan te gemoet te komen, zijn *meetbandklemmen* in den handel gebracht, waarmede men snel de gebroken einden kan verbinden. Lengte-

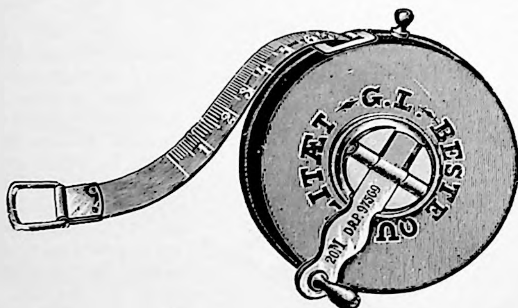


Fig. 4.

veranderingen ten gevolge van temperatuursinvloeden zijn onbeduidend.

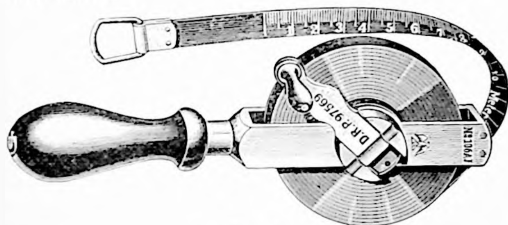


Fig. 5.



Fig. 5a.

§ 6. **Jalons.** Om eene richting aan te geven of om bepaalde punten op het terrein aan te duiden, gebruikt men jalons. Zij bestaan uit rond geschaafde of driehoekige, 3 à 4 c.M. dikke stokken, welke over afstanden van 50 c.M. beurtelings rood en wit zijn geschilderd. Een der uiteinden is van eene stalen punt voorzien voor het in den grond drijven. Zij worden meestal vervaardigd in lengten van 2 tot 5 M. In vlak terrein is gewoonlijk eene lengte van 2 à 3 M. voldoende. Ten einde de jalons op eenigen afstand van andere terreinvoorwerpen te kunnen onderscheiden, bindt men er een vlaggetje (rood-wit, zwart-wit) of zakdoek aan. Wil men een punt op het terrein meer blijvend kenmerken, dan gebruikt men *vaste baken*. De driekante jalon (z.g. *prisma-jalon*) maakt het samenvoegen van eenige jalons tot een bundel zeer gemakkelijk en is dus, vooral in Indië, zeer doelmatig voor het transport (zie fig. 5*a*).

§ 7. **Peilstokken** dienen om de waterhoogte boven den bodem van eene rivier of ander water op te nemen. Zij bestaan meestal uit stokken van cirkelvormige doorsnede, waarin over de geheele lengte eene ronde gleuf is geschaafd. In deze gleuf, die 2 à $2^1/_2$ c.M. breed is, wordt de verdeeling geschilderd. Zonder deze

voorzorg zou de verdeeling door het gebruik spoedig afslijten.

De lengte dezer stokken wisselt af van 5 tot 12 M.

De verdeeling wordt ook wel ingebrand, wat zeer doelmatig en duurzaam is.

Peilstokken moeten voorzien zijn van een houten voet, waarin eene voldoende hoeveelheid lood is gegoten.

HOOFDSTUK II.

INSTRUMENTEN TOT HET UITZETTEN VAN RECHTE HOEKEN.

§ 8. **Equerre.** De gewone équerre of *équerre d'arpenteur* (ook trommelkruis) is een, van messing vervaardigd, zeer eenvoudig instrument. Het bestaat uit eene doos, welke den vorm heeft van een regelmatig achtzijdig prisma, waarin in elke zijde loodrechte smalle spleten ($^1/_2$ à 1 m.M.) zijn gemaakt op de wijze als in fig. 6 zichtbaar is; deze spleten zijn zoodanig aangebracht, dat diametraal tegenover eene breede spleet telkens eene smalle spleet staat. De breede spleten zijn in het midden van een loodrechten paardenharen-draad voorzien, die als vizierinrichting dienst doet. Onder het prisma is eene huls aangebracht, waarmede men het instrument op een stok of *statief* (driepoot) kan plaatsen. Plaatsing op een stok heeft het voordeel, dat men vlugger werkt. Alleen wanneer men te doen heeft met een zeer weeken of harden bodem, waarin men den stok niet kan vastzetten, is men genoodzaakt een drievoet te nemen.



Fig. 6.

§ 9. De équerre wordt veelal gebruikt voor het uitzetten van rechte hoeken, maar de inrichting ervan geeft gelegenheid, alle hoeken uit te zetten, die een veelvoud zijn van 45°. Voor het uitzetten van een hoek plaatst men het instrument op zijn stok of statief in het hoekpunt en op het oog te lood. Daarna kijkt men door de smalle spleet en viseert langs den richtdraad in de breede sleuf naar het doel.

Om eenigszins zuiver te kunnen werken, is vrij wat oefening noodig. Men make zich de gewoonte eigen, steeds langs denzelfden kant van den draad (hetzij rechter- of linkerkant) te zien; dit bevordert het nauwkeurig werken.

§ 10. De in fig. 7 en 7*a* afgebeelde équerres bestaan uit een cylindervormige trommel, waarvan de bovenhelft kan

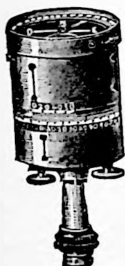


Fig. 7.



Fig. 8.

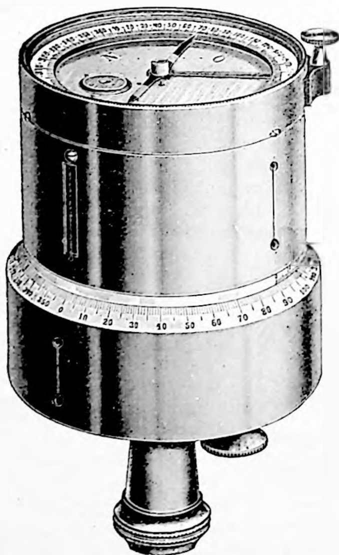


Fig. 7*a*.

draaien. Zij zijn van eene randverdeeling op de benedenhelft en van een *nonius* (zie § 65) op de draaiende helft voorzien; verder van eene beweegschroef, soms ook van eene micrometerschroef voor de fijne beweging.

Door de inrichting van deze équerres is men in staat, er hoeken van een willekeurig aantal graden mede uit te zetten of te meten.

Op het bovenvlak van het instrument is eene *boussole* aangebracht, dat is een, in eene doos gevatte, in graden ver-

deelde cirkelrand met *nonius*, waarbinnen zich een magneetnaald beweegt. (Zie hoofdstuk XII: Boussole-instrumenten.) Door deze inrichting is men onmiddellijk in staat, de afgelezen hoeken te controleeren.

De équerre van fig. 8 bevat in hoofdzaak dezelfde inrichtingen als de voorgaande, doch is bovendien in de huls van een kogelscharnier en klemschroef voorzien, waardoor het verticaal stellen van het instrumentje zeer wordt vergemakkelijkt.

De drie voorgaande instrumenten worden ook wel *pantometers* genoemd.

Een *bolvormige équerre* is voorgesteld in fig. 8*a*. Dit instrument is door het ruimere viziervlak buitengewoon geschikt voor het doen van metingen in geaccidenteerd terrein. De afgebeelde équerre is voorzien van een *loupe*, boven de randverdeeling.



Fig. 8*a*.

§ 11. **Spiegelkruis.** De inrichting van het spiegelkruis berust op het grondbeginsel: *dat, indien een lichtstraal, gelegen in een vlak loodrecht staande op de snijdingslijn van twee vlakke spiegels, op beide spiegels achtereenvolgens wordt teruggekaatst, de tweemaal teruggekaatste lichtstraal in datzelfde vlak zal liggen en met den oorspronkelijken lichtstraal een hoek zal maken gelijk aan het dubbel van den hoek, dien de twee spiegels onderling maken.*

In fig. 9 zijn de beide spiegels geplaatst in B en C; zij maken onderling den hoek α. Laat nu Q een lichtstraal zijn, welke bij C op den eersten spiegel valt en ten opzichte der normaal Cx invalt onder een hoek gelijk γ, dan is de hoek van uitval eveneens gelijk γ. Ontmoet verder de eenmaal teruggekaatste lichtstraal den tweeden spiegel in B onder den invalshoek β, zoo wordt die voor de tweede maal teruggekaatst onder denzelfden hoek naar O, d. i. het snijpunt van den oorspronkelijken en den dubbel teruggekaatsten lichtstraal.

De hoek waaronder beide elkander snijden zij *a*.

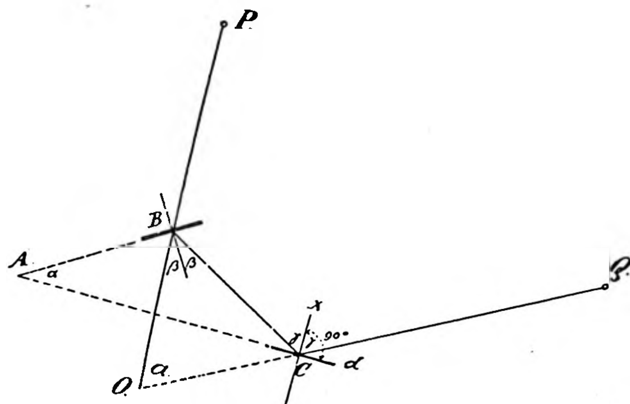


Fig. 9.

Wij hebben nu in $\triangle\ B\ O\ C$:

$$\angle\ B\ O\ C = \angle\ B\ C\ Q - \angle\ O\ B\ C \text{ of}$$

$$a = 2\,\gamma - 2\,\beta = 2\,(\gamma - \beta) \quad (1)$$

In $\triangle\ A\ B\ C$ is de buitenhoek $B\ C\ d = 90° + \gamma$

doch ook $= \alpha + 90° + \beta$

Waaruit volgt: $\alpha + \beta = \gamma$ of $\alpha = \gamma - \beta$ (2)

Uit de vergelijkingen 1 en 2 volgt onmiddellijk: $a = 2\,\alpha$.

§ 12. Het spiegelkruis, ook wel *hoekspiegel* genoemd (fig. 10*a*), bestaat uit twee spiegeltjes, welke een vasten hoek van 45° met elkaar maken.

Bij het gebruik houdt men door de wandopening van den eenen spiegel het oog gericht op een der baken (b.v. op *P* fig. 10) en laat de andere baak zoodanig plaatsen, dat het dubbel teruggekaatste beeld van die baak zichtbaar wordt in het verfoelied gedeelte van den spiegel en samenvalt met de direct geziene baak *P*.

P

A

a

B

C

a

Q

O

Fig. 10.

Zooals wij in de voorafgaande paragraaf hebben gezien, is de hoek, in welks hoekpunt zich de waarnemer bevindt, dan gelijk aan het dubbele van den hoek, welken de spiegels onderling maken. Is deze dus 45°, dan hebben wij een hoek van 90° uitgezet.

Brengen wij twee stellen spiegels boven elkander aan, op de wijze als in fig. 10*b* afgebeeld, d.i. één stel onder een hoek van 45° en één stel onder een hoek van 90°, dan zijn wij in staat, met dit spiegelkruis tevens hoeken van 180° uit te zetten.

Ook worden spiegelkruisen vervaardigd voor het uitzetten van hoeken van 45°.

Een voordeel van het spiegelkruis is, dat het geen vaste opstelling behoeft, zooals de équerre. Het juiste hoekpunt wordt op het terrein eenvoudig aangegeven, door in het handvatje van het instrument

Fig. 10*a*.

een puntloodje (fig. 10*c*) te hangen. Meestal is het echter voldoende, het instrument op het oog boven het hoekpunt te houden.

In de figuren 10*d*, 10*e* en 10*f* zijn verschillende, in den handel zijnde, spiegelkruisen afgebeeld.

§ 13. **Prisma van Bauernfeind.**

Dit in figuur 11 voorgestelde instrumentje bestaat uit een massief glazen prisma, waarvan

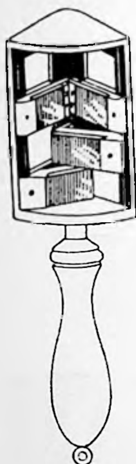


Fig. 10*b*.



Fig. 10*c*.

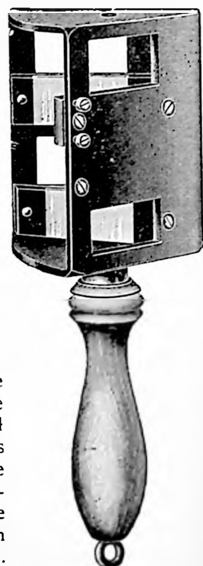


Fig. 10*d*.

de normale doorsnede een gelijkbeenige rechthoekige driehoek is, welks schuine zijde ongeveer een lengte heeft van 4 c.M. Het vlak van de schuine zijde is verfoelied en evenals het driehoekige onder- en bovenvlak door een geoxydeerd koperen montuur afgedekt. De twee rechthoekszijden zijn niet afgedekt en dienen tot het opvangen der lichtstralen. Het instrumentje is van een koperen steeltje voorzien, waarin, evenals bij het spiegelkruis, een gaatje is geboord voor het ophangen van het puntlood. Het kan alleen gebezigd worden voor het uitzetten van rechte hoeken. Een andere montuur is voorgesteld in fig. 11a.

§ 14. De inrichting van het instrumentje berust op de wetten van breking en terugkaatsing van het licht.

Indien van een baak *P* (zie fig. 12) een lichtstraal *a P* onder een hoek α op een der rechthoekszijden *AC* van het prisma

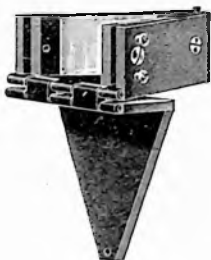


Fig. 10*e*.

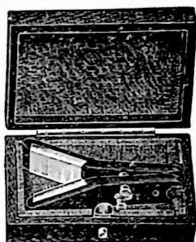


Fig. 10*f*.

ABC valt, dan wordt deze lichtstraal onder een hoek β gebroken. Daar de lichtstraal — zooals wij hierna zullen zien — bij *b* niet uit het prisma kan treden, wordt hij bij *b* door de andere rechthoekszijde naar *c* teruggekaatst, zoodanig, dat de hoek van inval gelijk is aan den hoek van terugkaatsing. In *c* wordt hij door de verfoeliede hypotenusazijde andermaal volgens dezelfde wet inwendig teruggekaatst naar *d*, bij welk punt hij, na gebroken te zijn, uittreedt in de richting *d e*. Deze richting vormt nu met de oorspronkelijke richting van den lichtstraal een hoek van 90°.



Fig. 11.

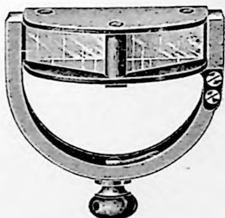


Fig. 11*a*.

Valt nl. de oorspronkelijke lichtstraal onder den invalshoek $P a f = \alpha$ op het prismavlak $A\ C$, dan zal de gebroken lichtstraal zijn weg voortzetten in de richting $a\ b$ onder een hoek β met de normaal $g\ f$. De grootte van dezen hoek wordt bepaald door de grondformule der breking van het licht:

$$sin\ \alpha = m\ sin\ \beta$$

$$\text{of } sin\ \beta = \frac{1}{m}\ sin\ \alpha$$

In deze formule stelt m de *brekingscoëfficiënt* voor van een lichtstraal, welke van de eene middenstof in eene andere overgaat, hier van lucht in glas. Zij is in dit geval $= {}^3/_2$.

De grootste waarde voor hoek β zal verkregen worden, indien ook $sin\ \alpha$ zijn grootste waarde bereikt, d. w. z. als $sin\ \alpha = 1$ wordt. Is dit het geval, dan wordt $sin\ \beta = {}^2/_3$ en is derhalve $\beta = 41°\ 48'$.

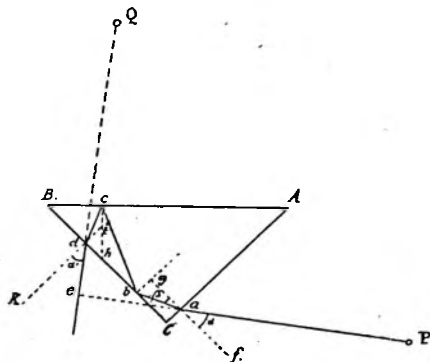


Fig. 12.

Hieruit volgt dus, dat een in een glazen lichaam doordrongen lichtstraal, welke op een der grensvlakken onder een hoek grooter dan 41° 48′ invalt, dit lichaam niet meer verlaten kan, doch door het grensvlak als door een spiegelvlak teruggekaatst wordt. Dit geval doet zich voor bij het prismakruis, waarin bij b de gebroken lichtstraal $a\ b$ op het vlak $B\ C$ valt.

De hoek, waaronder deze lichtstraal $a\,b$ op het prismavlak valt, zal n.l. altijd grooter zijn dan $41°\,48'$, aangezien de grootste waarde, welke hoek $g\,a\,b$ ($= \beta$) kan bereiken $= 41°\,48'$ is, en daar de normaal $g\,f$ evenwijdig loopt met het grensvlak $B\,C$ van het prisma, is $\angle\, g\,b\,a = 90° - \beta$, dat is grooter dan $41°\,48'$.

Derhalve wordt de lichtstraal $a\,b$ door 't vlak $B\,C$ teruggekaatst (in de richting $b\,c$) als ware hij op een spiegelvlak gevallen, waardoor, volgens de wetten der terugkaatsing, de hoek van inval gelijk aan den hoek van uitval zijnde,

$$\angle\, g\,b\,c = \angle\, g\,b\,a = 90° - \beta.$$

Beschouwen wij nu $\triangle\, B\,c\,b$, dan zien wij, dat $\angle\, B = 45°$, $\angle\, c\,b\,B = \beta$ en bijgevolg:

$$\angle\, B\,c\,b = 135° - \beta.$$

Daar de op $A\,B$ vallende lichtstraal $b\,c$ onder gelijken hoek wordt teruggekaatst, hebben we:

$$\angle\, b\,c\,h = \angle\, d\,c\,h; (B\,c\,b - 90°) = 45° - \beta.$$

Trekt men nu door het punt d, waar de lichtstraal $c\,d$ het grensvlak $B\,C$ treft, de normaal $d\,i$, dan is in den $\triangle\, d\,c\,i$:

$$\angle\, i\,c\,d = 45° - \beta,$$

doch de buitenhoek $d\,i\,h$ van dien driehoek is niet alleen gelijk aan de som der beide hoeken aan de basis ($\angle\, c\,d\,i$ en $\angle\, i\,c\,d$), maar tevens aan $\angle\, B$, omdat de beenen van beide loodrecht op elkaar staan, waaruit onderstaande gelijkheden volgen:

$$\angle\, c\,d\,i = \angle\, d\,i\,h - \angle\, i\,c\,d$$
$$= \angle\, B - \angle\, i\,c\,d = 45° - (45° - \beta) = \beta.$$

Derhalve valt de lichtstraal op de zijde $B\,C$ onder een hoek $c\,d\,i = \angle\, \beta$ en verlaat het prisma onder den hoek $k\,d\,e = \angle\, \alpha^1$.

Volgens de brekingsformule is $\sin\beta = \frac{1}{m} \sin\,\alpha$, waarin $\frac{1}{m}$ de brekingscoëfficiënt voor een van glas in lucht overgaanden lichtstraal voorstelt; $\sin\,\alpha^1$ is derhalve $= m\,.\,\sin\,\beta$ en daar, zooals hiervoren reeds werd opgemerkt, $\sin\,\alpha = m\,.\,\sin\,\beta$, zal $\angle\, \alpha^1 = \angle\, \alpha$ moeten zijn.

Wij hebben dus bewezen, dat de hoeken $P\,a\,f$ en $k\,d\,e$ aan elkander gelijk zijn, en aangezien de beenen $a\,f$ en $d\,k$ dier hoeken loodrecht op elkander staan, staan ook de beide

andere beenen *Pa* en *de*, alsook de richtingen *Pe* en e Q, loodrecht op elkaar, of

$$Q e P = 90°.$$

Hieruit volgt, dat de richting e Q, waarin men het voor-

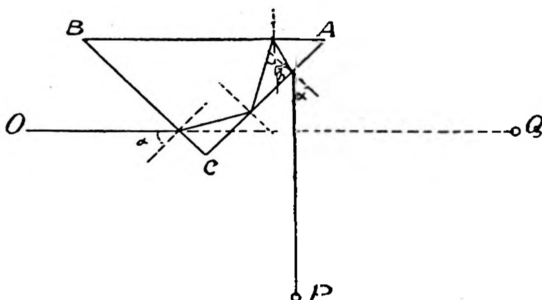


Fig. 13.

werp *P* waarneemt, steeds loodrecht staat op de richting *Pe*, waarin de lichtstraal, van *P* uitgaande, het prisma treft. (Zie ook fig. 13.) De hoek Q e *P* is dus onafhankelijk van den invalshoek.

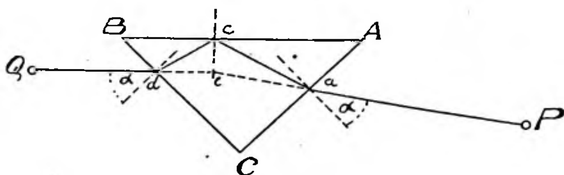


Fig. 14.

Een ander geval is het, als de lichtstraal op het prisma valt, als aangegeven in fig. 14. In dit geval heeft geen dubbele terugkaatsing plaats, daar de lichtstraal *Pa* in *a*

gebroken, vervolgens in C teruggekaatst en ten slotte in d wederom gebroken wordt.

De hoek $Q\ e\ P$ is in dit geval $90° + 2\alpha$ en bijgevolg niet meer onafhankelijk van den invalshoek.

§ 15. Het gebruik van het prisma is zeer eenvoudig. Men plaatst zich met het oog in e (fig. 12) en ziet dus in het naar links gekeerde prismavlak het dubbel teruggekaatste beeld van de rechtsche baak P. Volgens het in de voorgaande paragraaf behandelde, staat nu de richting tusschen het waargenomen beeld van de baak en het standpunt van den waarnemer rechthoekig op de richting tusschen dit standpunt en de baak P zelf. Laat men nu, over het instrumentje heen ziende, een baak Q plaatsen, zoodanig, dat de direct geziene baak Q samenvalt met het beeld in het prisma van de baak P, dan moet de aldus uitgezette hoek $Q\,e\,p$ r e c h t zijn.

Het werken met een prisma vereischt eenige oefening in het juiste waarnemen van de beelden, die zich in het vlak van het prisma aan ons oog voordoen. Moeilijk is het zoeken naar het beeld van de baak evenwel geenszins, indien men slechts — het instrumentje met den rechten hoek naar zich toe houdend — naar het uiterst linker of rechter eind (naar gelang men het beeld van het rechts of het links gelegen voorwerp wenscht waar te nemen) van een der twee rechthoeksvlakken ziet. Deze vertoonen zich namelijk aanmerkelijk donkerder dan het overige deel van het glas. De beelden, die men hierin waarneemt, staan bovendien — zooals wij in § 14 gezien hebben — stil, ook al beweegt men het instrument. 't Is in deze gedeelten van het prismavlak, dat men het waar te nemen beeld moet zoeken.

§ 16. **Prismakruis.** Het prismakruis, ook wel prismakruis van Bauernfeind genoemd, bestaat uit twee prisma's als in § 13 beschreven, die op de wijze als in fig. 15 voorgesteld op elkander zijn geplaatst.

Men plaatst het oog zoodanig, dat men te gelijk in beide prisma's ziet.

Indien men nu het beeld van eene baak in het eene prisma kan doen samenvallen met het beeld van eene andere baak in het andere prisma, dan loopen de lichtstralen, van die

baken uitgaande, evenwijdig, d. i., practisch, in elkaars verlengde.

De lichtstralen kunnen op tweeërlei wijze in de prisma's vallen, n.l. zooals voorgesteld in fig. 15 en als in fig. 15*a*.

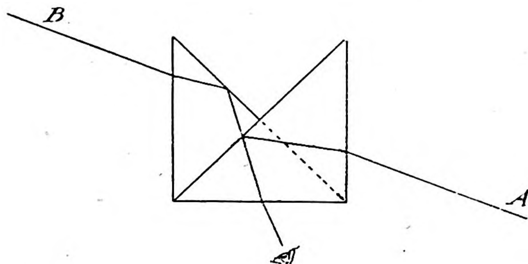


Fig. 15.

In het eerste geval wordt ieder der lichtstralen slechts eenmaal teruggekaatst en wel op het verfoeliede hypotenusa-

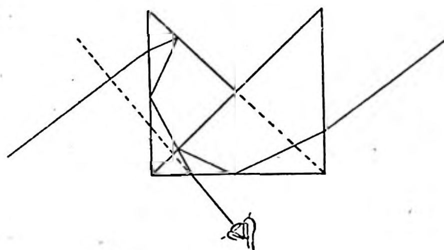


Fig. 15*a*.

vlak. Vallen de uittredende lichtstralen samen, dan maken de invallende een hoek, gelijk aan het dubbel van den hoek, dien de spiegelende hypotenusa-vlakken maken. Staan deze dus, als in onze figuur ondersteld wordt, rechthoekig op elkaar,

dan vormen de oorspronkelijke lichtstralen (*A* en *B*) een hoek van 180°.

In het tweede geval wordt elk der lichtstralen tweemaal teruggekaatst op dezelfde wijze als in het enkel prisma van Bauernfeind, ten gevolge waarvan de uittredende lichtstralen, welke in het oog vallen, rechthoekig op de invallende staan. Vallen de eerste dus samen, dan loopen de laatste evenwijdig en maken dus een hoek van 180°.

§ 17. Van de beide bovengenoemde wijzen, waarop het prismakruis kan gebruikt worden, verdient de tweede verre de voorkeur boven de eerste.

Bij de eerste methode staan n.l. de beelden niet stil, doch bewegen zich telkens, wanneer men het instrumentje beweegt. Bovendien is bij het samenvallen der uittredende lichtstralen, zooals boven gezegd is, de hoek tusschen de invallende stralen gelijk het dubbel van den hoek, dien de twee hypotenusa-vlakken onderling maken. Is de stand van deze eenigszins onjuist, dan wordt ook de gevraagde hoek foutief uitgezet.

Bij de tweede methode staan daartegenover de beelden stil, terwijl de hoek, dien men uitzet, altijd 180° is, ook al is de standhoek tusschen de twee hypotenusa-vlakken niet juist 90°. De tweede methode levert ten derde nog het voordeel, dat men ook onmiddellijk op de richting, welke de twee baken verbindt, een rechten hoek kan uitzetten uit het punt, waar de waarnemer zich bevindt. Het gewone prismakruis is afgebeeld in fig. 16.



Fig. 16.

§ 18. Zeer nauwkeurige prisma's zijn de *pentagoon-prisma's**) voor hoeken van 90° en 180° — respectievelijk afgebeeld in fig. 16*a*, 16*b* en 16*c*. Zij bestaan uit een of twee vijfhoekige prisma's met twee verfoeliede zijden. De terugkaatsing der stralen heeft plaatsals in fig. 16*d* schetsmatig is voorgesteld. Het voordeel

*) Pentagoon = vijfhoek.

van het pentagoon-prisma is gelegen in het zeer ruime gezichtsveld. — In fig. 16*e* is afgebeeld het *semi-pentagoon-prisma*, geschikt voor het uitzetten van hoeken van 45°. Bij het gebruik van het semi-pentagoonprisma keert men de punt met den kleinsten hoek naar het voorwerp en neemt



Fig. 16*a*.



Fig. 16*b*.

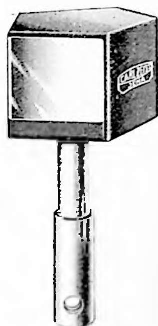


Fig. 16*c*.

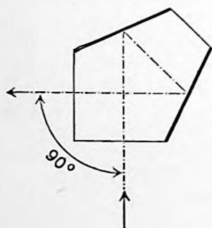


Fig. 16*d*.



Fig. 16*e*.

dit waar door het kleinste prismavlak in de richting der langste zijde. De top van den te meten hoek is door een licht teeken op de oppervlakte van de montuur aangegeven. Voor het gebruik als hoogtemeter wordt het prisma omge-

keerd, met horizontaal in- en uittredingsvlak gebruikt, daarbij de punt van den kleinsten hoek naar den waarnemer gekeerd.

Men houdt het prisma met de rechterhand vast en beziet met het rechteroog de onder 45° hellend verschijnende voorwerpen.

De bovenkant van een in het prisma gezien voorwerp, waarvan de hoogte moet worden gemeten, wordt met zijn met het linkeroog direct gezienen onderkant tot samenvallen gebracht. Dit gaat zeer gemakkelijk, door gedurende de waarneming voor- of achteruit te schrijden.

Zoodra onder- en bovenkant samenvallen, komt de te meten afstand van het standpunt tot het voorwerp overeen met de hoogte van dit laatste.

§ 19. **Onderzoek van de équerre, het spiegelkruis, het prisma en het prismakruis.**

Om te onderzoeken, of de vizierinrichtingen van de équerre inderdaad rechthoekig op elkaar staan, verricht men eene *rondmeting* (tour d'horizon). Daartoe wordt een hoek van 90° vier achtereenvolgende malen naast elkander uitgezet met gebruikmaking van dezelfde vizieren. Bij het uitzetten van den vierden rechten hoek moet het laatste been hiervan juist met het eerste been van den eersten hoek samenvallen. Is dit niet het geval, dan is het instrument onbruikbaar, ingeval er geene behoorlijke correctieschroefjes aanwezig zijn om de vizierdraden een weinig te verstellen.

De rondmeting behoort evenwel met de meeste zorg te geschieden en eenige malen herhaald te worden, vóór men er toe besluite, het instrument onbruikbaar te verklaren. Een geringe fout van bijv. 5 c.M. per 50 M. is toegelaten.

Het onderzoek naar de volkomenheid van het spiegelkruis, het prisma en het prismakruis geschiedt eveneens door rondmeting. Een geringe afwijking kan verholpen worden door correctieschroefjes.

§ 20. Om te onderzoeken, of de hypotenusa-vlakken der twee prisma's van het prismakruis een rechten hoek met elkaar maken, gaat men na, of de twee rechthoeksvlakken evenwijdig zijn. Dit kan men onderzoeken, door een rechte

lijn, b.v. een raamroede, te gelijk op de beide vlakken te laten terugkaatsen.

Gaat nu het beeld onafgebroken over beide vlakken door, dan is aan de gestelde voorwaarden voldaan. Ziet men het beeld van het eene op het andere vlak verspringen, dan loopen die vlakken niet evenwijdig en staan dus de hypotenusa-vlakken ook niet rechthoekig op elkaar.

Bij deze onderzoekingen wordt verondersteld, dat de prisma's zelve uiterst zuiver zijn bewerkt, wat men veilig mag aannemen, dat bij elk goed bekend staand fabrikaat het geval zal zijn.

HOOFDSTUK III.

EENVOUDIGE METINGEN.

§ 21. **Het meten van afstanden.**

Het meten van afstanden geschiedt het eenvoudigst door middel van directe meting.

Wil men b.v. de lengte van een weg of een kanaal meten, dan doet men het best, hiervoor een meetveer of meetketting te gebruiken. Bij deze meting zijn minstens twee personen („kettingdragers") noodig, die elk een der handgrepen van den ketting vasthouden. Bij het begin der meting wordt de ketting op het terrein uitgelegd en recht getrokken, waarbij men zich overtuigt, dat geen der scharnieren of oogen is dubbel geslagen. De achterste persoon zet de handgreep door een pen vast en duidt door handbeweging den voorsten man de richting van den ketting aan. Is deze juist bevonden, dan wordt de ketting goed gestrekt op den grond gelegd en steekt ook de voorste man eene pen door zijn handvat. Eén kettinglengte is op deze wijze gemeten.

Bij het opnemen van den ketting voor elken volgenden slag laat de voorste kettinghouder, die de tien stuks der elf tot den ketting behoorende pennen bij zich heeft, telkens zijne pen in den grond zitten. De achterste man brengt de zijne evenwel mede en plaatst telkens, na zich eene kettinglengte verplaatst te hebben, zijn handgreep om de achtergelaten pen. Hij wacht daarop, tot de ketting door den voorsten drager opnieuw gestrekt is en deze wederom eene pen heeft geplaatst; dan neemt de achterdrager de achtergelaten pen op en wandelen beiden weer eene kettinglengte verder, om steeds op dezelfde wijze de pennen te plaatsen en op te nemen.

Door deze wijze van werken komen alle pennen van den voorsten man in handen van den achtersten, zoodat deze

ten slotte alle elf stuks in zijn bezit heeft, waarna hij er wederom 10 afstaat aan den voorsten drager.

Het aantal pennen is tevens het middel tot contrôle op de gemeten afstanden. Immers, zoodra de achterste man de elf pennen in zijn bezit heeft, is een afstand van *10-maal* de kettinglengte gemeten. Hierdoor is het lastige tellen der kettinglengten overbodig en heeft men slechts te noteeren het aantal malen, dat het 10-voud der kettinglengte is gemeten.

Hierdoor wordt verklaard, waarom bij elken ketting of meetveer *elf* pennen worden geleverd.

Voor kortere afstanden en ter verkrijging van nauwkeuriger metingen bedient men zich voor de meting van meetlatten, waarvan men er dan minstens twee noodig heeft.

De eerste wordt van het beginpunt zuiver in de richting gelegd, de tweede lat wordt dan in het verlengde van de eerste gebracht en zacht daartegen geschoven, vervolgens wordt de eerste opgenomen en op dezelfde wijze weer voor de tweede gebracht, enz. Telkens wanneer een lat is „aangelegd", wordt het aantal malen, dat de latten gelegd zijn, overluid afgeroepen.

Volgens Jordaan verhouden de fouten, verkregen bij het meten met latten, tot die, verkregen bij het meten met den ketting, zich als 3 : 5.

§ 22. Ten behoeve van het maken van kaarten, die gewoonlijk op een horizontaal vlak worden geteekend, moeten de hellende lijnen, zoo deze niet rechtstreeks in horizontale richting gemeten kunnen worden, herleid worden tot den horizon, d. w. z. de lengte der horizontale projectie van die lijnen moet door berekening worden gevonden.

Maakt de schuine stand L met zijn horizontale projectie een hoek α, dan wordt de horizontale afstand L_1 uitgedrukt door de vergelijking $L_1 = L \cos \alpha$, waarvoor wij ook kunnen schrijven: $L_1 = L\ (1 - 2 \sin^2 {}^1/_2\, \alpha)$.

Van den gevonden schuinen afstand moet dus eene waarde $= 2\ L \sin^2 {}^1/_2\, \alpha$ worden afgetrokken om den horizontalen afstand te vinden.

Het berekenen dezer waarde kan evenwel niet geschieden, zonder dat de $\angle\ \alpha$ nauwkeurig gemeten wordt, voor welke

meting een meer samengesteld hoekmeetinstrument, b.v. een *boussole-instrument* of een *theodoliet*, moet worden gebruikt.

Is deze hoek niet bekend, dan kan de gevraagde afstand ook worden gevonden, indien het hoogteverschil h tusschen het begin- en het eindpunt van den schuinen afstand bekend is. De horizontale afstand is dan volgens het bekende theorema van Pythagoras:

$$\sqrt{(L^2 - h^2)}.$$

Als h niet te groot is, kan bij benadering hiervoor worden geschreven:

$$L - \frac{h^2}{2\,L^2}$$

zoodat van den gevonden afstand $\frac{h^2}{2\,L^2}$ moet worden afgetrokken.

§ 23. Bij het meten van hellingen, waarbij het niet op groote nauwkeurigheid aankomt, kan men met voordeel gebruik maken van de meetlat van 5 M. Deze wordt aan het eene einde tegen de helling geplaatst (fig. 17) en door vergelijking met den horizon (*zichten*) horizontaal gehouden. Aan het andere einde wordt een schietlood neergelaten op het terrein. Op deze wijze projecteert men op de lat de schuine afstanden, zoodanig, dat elke gedeeltelijke projectie 5 M. lang is.

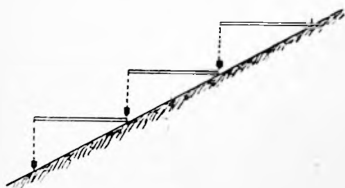


Fig. 17.

Is het horizontaal houden van de lat door „zichten" op den horizon niet mogelijk, dan kan men gebruik maken van een niet doorbuigende rij, waarop men een libel of timmermanswaterpas kan plaatsen.

Is de meetlat zuiver haaks afgezaagd, dan kan haar horizontale stand vrij nauwkeurig gecontroleerd worden door de richting van het schietlood te vergelijken met die van het kopvlak der meetlat (zie fig. 17*a*).

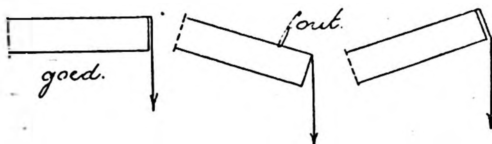


Fig. 17a.

§ 24. **Het uitzetten van rechte lijnen.**

Het uitzetten van rechte lijnen, of, zooals men ook zegt, „het uitbakenen van rechte richtingen", wordt bij eenvoudige metingen in hoofdzaak door het gebruiken van enkel jalons tot stand gebracht. Men gewenne zich er aan, met beide oogen open te zichten. Dit is minder vermoeiend en geeft op den duur zuiverder uitkomsten.

Wij zullen hieronder eenige gevallen beschrijven, en beginnen hierbij met het verlengen van een aangegeven rechte richting.

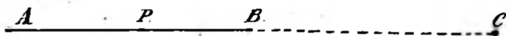


Fig. 18.

Zij in fig. 18 *AB* de aangegeven richting. Men plaatst zich nu ongeveer in deze richting, zoodanig echter, dat de beide baken in *A* en *B* duidelijk te zien zijn. Daarna plaatst men een jalon *C* zóó, dat men, achter hem staande, de jalons *A* en *B* ziet samenvallen en voor het oog ziet verdwijnen achter jalon *C*.

§ 25. Moet tusschen de jalons *A* en *B* een punt *P* bepaald worden, in de lijn *AB* gelegen, dan wordt eerst een jalon *C* geplaatst, op de zooeven aangegeven wijze, waarna op dezelfde wijze een jalon *P* wordt geplaatst, waarbij men thans viseert langs de baken *B* en *C*.

Heeft men een helper tot zijne beschikking, dan kan men, terwijl men zich achter *A* of *B* plaatst, den jalon *P* natuurlijk onmiddellijk in de richting van *A* naar *B* laten plaatsen.

§ 26. Is men door eene hindernis op het terrein, b.v. een boom, boschje, huis, tuin of vijver, waarover of waardoor men niet kan heenzien, verhinderd de richting rechtstreeks uit te bakenen, dan is men genoodzaakt, deze eenige meters evenwijdig aan zichzelf te verplaatsen. Dit kan geschieden door, zooals in fig. 19, in *B*, *C*, *D* en *E* achtereenvolgens rechte hoeken uit te zetten, waarbij de afstand *DE* gelijk

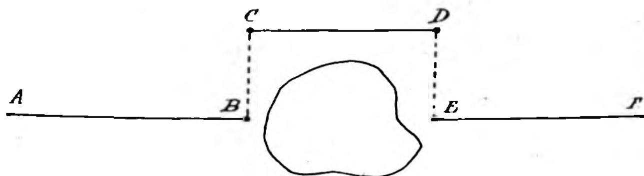


Fig. 19.

aan den afstand *BC* wordt genomen. De richting *EF* loopt dan in het verlengde van *AB*. Heeft men geen instrument voor het uitzetten van hoeken bij de hand, dan kan men zich behelpen met den z.g. „vijfsteek" (fig. 19a). Zet daartoe op de richting *BA* uit een afstand *BP* = 4 M. Neem een kettinglengte van 8 M., die door middel van pennen aan de einden in de punten *B* en *P* wordt vastgelegd. Door nu een pen te steken in den ring op 3 M. van het punt *B* gelegen, en den ketting strak te trekken, wordt door den ketting in *B* een rechte hoek gevormd.

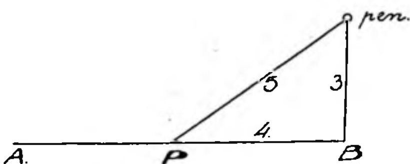


Fig. 19a.

Krijgt men kort na elkaar in dezelfde richting meerdere hindernissen, dan is het gewenscht, den afstand *BC* met het noodige overleg te kiezen, opdat men al die hindernissen ineens vrijloopt en de lijn *CD* kan verlengen tot achter de

laatste hindernis. Bij eene rij boomen langs een weg kan dit geval nogal eens voorkomen.

De hiervoren genoemde methode heeft het nadeel, dat, indien men bij het uitzetten der rechte hoeken een kleine fout begaat, hierdoor een groote afwijking in de richting der lijn *EF* ontstaat. Deze lijn loopt dan niet in 't verlengde van de lijn *AB*, zoodat het doel der meting niet bereikt wordt.

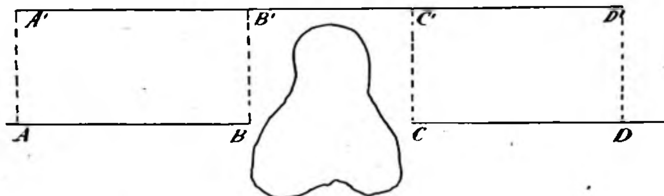


Fig. 19*b*.

Doeltreffender is daarom de in fig. 19*b* voorgestelde methode. Hierbij worden de punten *A* en *B* zoo ver mogelijk van elkaar genomen, en in die punten loodlijnen opgericht. Men meet nu hierop met meetlatten gelijke afstanden *A A'* en *B B'* uit, welke zoodanig gekozen worden, dat men achter de hindernis langs kan viseeren. Door *A' B'* te verlengen, verkrijgt men vervolgens punten *C'* en *D'*, welke men wederom zoo ver mogelijk van elkander neemt, om den invloed van eventueele fouten in de afstanden *A A'* en *B B'* zoo klein mogelijk te maken, en zet op *C'* en *D'* loodlijnen *C' C* en *D' D* uit, gelijk aan *A A'* (resp. *B B'*). Door de punten *C* en *D* gaat nu eene lijn, welke in het verlengde ligt van de lijn *A B*.

§ 27. Het in fig. 19 voorgestelde geval kan ook worden opgelost op de in fig. 20 voorgestelde wijze. Hier zet men in *B* een hoek van 45° uit en in *C* een hoek van 90°. Meet men nu de lengte *B C* op *C D* af en zet men in het punt *D* wederom een hoek van 45° uit, dan heeft men den gelijk-

beenigen rechthoekigen driehoek BCD en is $\angle CDE = \angle ABC$. DE valt dus in het verlengde van AB.

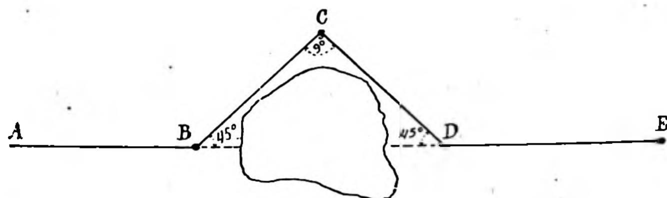


Fig. 20.

§ 28. Met behulp van een hoekmeetinstrument, waarmede men in staat is hoeken van 60° uit te zetten, kan men op overeenkomstige wijze een gelijkzijdigen driehoek $B\ C\ D$ (fig. 21) uitzetten. Deze methode heeft het voordeel, dat, zoo

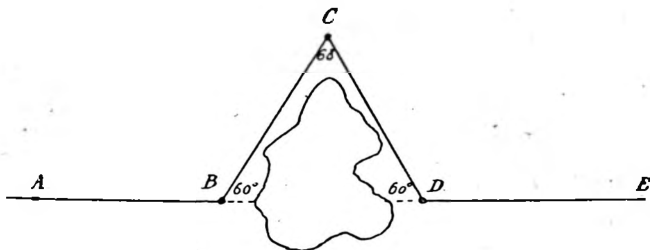


Fig. 21.

men den afstand BD moet kennen, deze niet berekend behoeft te worden, zooals bij fig. 20, daar deze afstand natuurlijk gelijk is aan den uitgemeten afstand BC. Het is daarom het eenvoudigst, voor dezen afstand een rond getal meters te nemen.

§ 29. **Het uitzetten van rechte hoeken.**

Zooals hiervoren reeds bij de desbetreffende instrumenten is gebleken, zijn van de eenvoudige instrumenten voor het uitzetten van rechte hoeken voornamelijk geschikt: de équerre, het spiegelkruis en het prisma.

Daar het gebruik dier instrumenten aldaar is beschreven, zal men bij het oprichten van eene loodlijn in een gegeven punt van eene gegeven rechte richting geene moeilijkheden ondervinden.

Moet men met de équerre uit een punt *P* buiten de vorenbedoelde richting eene loodlijn op die richting neerlaten,

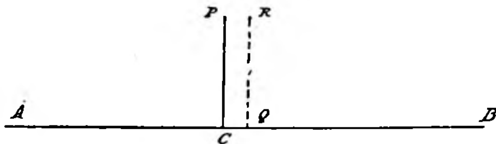


Fig. 22.

welk geval in fig. 22 is voorgesteld, dan plaatst men het instrument tusschen de punten *A* en *B* op het oog nabij het voetpunt der gevraagde loodlijn, dus bijv. in *Q*. Nu onderzoekt men eerst, of men, langs een der vizierinrichtingen ziende, de punten *A* en *B* met de vizierlijn ziet samenvallen. Verschilt dit een weinig, dan moet het instrument zoo lang verplaatst worden, tot dit verschil is opgeheven. Men viseert daarna langs het viziervlak, dat met het eerstgenoemde een hoek van 90° maakt, in de richting van punt *P*; kan men dit punt niet waarnemen, dan plaatst men tegenover dit punt in *R* een jalon en meet den afstand *R P*. Daarna verplaatst men het instrument over een afstand $Q\,C = R\,P$ in de richting van *A B*, onderzoekt opnieuw of een der viziervlakken in de lijn *A B* ligt, viseert daarna op *P*, en zal ontwaren, dat het punt *P* thans in het viziervlak is waar te nemen. Valt dit punt nog niet geheel in de vizierlijn, dan moet wederom het instrument zoo lang verplaatst worden, tot de beoogde samenvalling volkomen is verkregen.

Een en ander is eene vrij omslachtige wijze van handelen, die echter bij het gebruik van de équerre niet te vereenvoudigen is.

Met het spiegelkruis, het prisma of het prismakruis gaat het uitvoeren van het vraagstuk veel gemakkelijker en vlugger, doordat deze instrumentjes geene vaste opstelling behoeven en het verplaatsen dus heel weinig tijd vordert.

Men voorziet deze instrumentjes, vóór men aan den arbeid gaat, van het schietloodje, opdat onmiddellijk het gevraagde punt op het terrein kan worden aangewezen en vastgelegd.

TWEEDE AFDEELING.

Hoogtemetingen.

HOOFDSTUK IV.

EENVOUDIGE WATERPASINSTRUMENTEN.

Inleiding.

De instrumenten, welke ons in staat stellen een waterpas vlak aan te geven, berusten op de volgende natuurkundige wetten:

1. *Een vrij hangend voorwerp geeft de verticale richting aan.* Hierop berusten: timmermanswaterpas, slingerwaterpas, e. d.
2. *In communiceerende vaten staat de vloeistof even hoog.* Deze wet vindt haar toepassing bij: fleschjeswaterpas, waterpasslang.
3. *De oppervlakte van in rust zijnde vloeistoffen is horizontaal.* Hierop berusten alle libellen-instrumenten.

§ 30. **Timmermanswaterpas.** Het eigenlijke timmermanswaterpas is een zeer eenvoudig toestel (fig. 23), dat geheel van hout wordt vervaardigd. Het is voorzien van een schietlood, waarvan het koord in eene loodrecht op de basis gerichte sleuf valt, zoodra de basis den horizontalen stand heeft verkregen. Het toestel munt niet uit door nauwkeurigheid, omdat 't schietlood zelden in rust komt en, bij voorbeeld door den wind, voortdurend blijft schommelen. Het wordt dan ook weinig meer gebruikt en meestal vervangen door de *libel* (fig. 24).

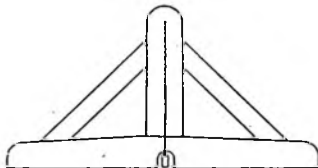


Fig. 23.

Deze bestaat uit een glazen buisje met koperen of ijzeren omhulsel. Het buisje is met *ether* gevuld, maar niet geheel, zoodat eene luchtbel in het buisje overblijft, na de dichtsmelting.



Fig. 24.

De bovenbinnenzijde van het buisje is in de lengterichting holcirkelvormig uitgeslepen, en aangezien de luchtbel het hoogste punt inneemt, moet zij bij waterpassen stand van de libel zich op het hoogste punt *P* (fig. 25) van het buisje bevinden. De raaklijn *A B*, welke door het punt *P* gaat, geeft de waterpasse lijn (*richtlijn*) aan.

De voetplaat *C D* van het koperen omhulsel moet hiermee evenwijdig loopen. Om dadelijk en met juistheid te kunnen constateeren, dat de libel waterpas staat, is de bovenzijde van het buisje rechts en links van het midden *P* van eenige *deelstrepen* voorzien. Strekt de luchtbel zich aan weerszijden van het midden een gelijk aantal deelstrepen uit, dan zegt men, dat de libel *inspeelt*.

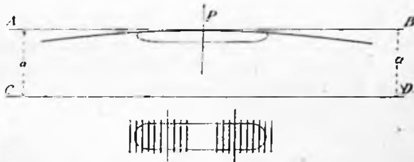


Fig. 25.

Om te onderzoeken of een vlak horizontaal is, heeft men slechts, met behulp van het niveau, na te gaan, of twee elkaar snijdende lijnen, in dat vlak gelegen, horizontaal zijn. Plaatst men dus het niveau in twee elkaar snijdende richtingen op het vlak en speelt het in beide standen in, dan is het vlak horizontaal.

Door stooten of vallen kan de in fig. 24 voorgestelde libel



Fig. 26.

ontregeld worden, d. w. z. dat het ondervlak niet meer evenwijdig loopt met de richtlijn. Bij de in fig. 26 voorgestelde

libel is deze ontregeling te herstellen door middel van de ter linkerzijde geplaatste *correctieschroefjes*. Hiertoe wordt de luchtbel tot inspelen gebracht, daarna 180° omgedraaid en de afwijking der luchtbel voor de helft met de correctieschroefjes weggenomen. De verklaring hiervan is de volgende:

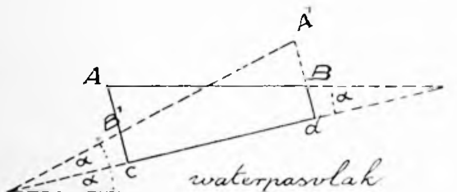


Fig. 26*a*.

Stel, dat de libel rustend op een of ander voorwerp tot inspelen wordt gebracht. Van deze niet-gecorrigeerde libel maakt de onderkant voetplaat met de richtlijnen $\angle \alpha$. Draait men de libel nu 180° om, zoodat de richtlijn van de libel den stand A′ B′ krijgt, dan zal deze met het waterpasvlak een hoek 2α vormen. De afwijking van de libel geeft dus het dubbele van de fout aan.



Fig. 27.

Het luchtbelbuisje wordt ook wel in een houten rij gevat (zie fig. 27), waarin dan meestal een kleinere libel wordt aangebracht, waardoor dit waterpas tevens het schietlood kan vervangen.

§ 31. **Fleschjeswaterpas.** Dit instrument, afgebeeld in fig. 28, bestaat uit een koperen of zinken buisje (± 1.20 M. lang), waaraan in het midden voor de opstelling eene inrichting met kogelbeweging is bevestigd, terwijl aan de beide uiteinden glazen buisjes zijn aangebracht. Het toestel wordt

met *gekleurd* water gevuld en op een stok of driepoot (*statief*) geplaatst. Het water is nu door de beide glazen buisjes

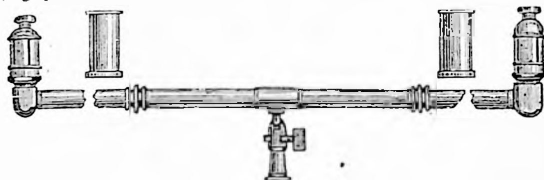


Fig. 28.

zichtbaar. De opstelling geschiedt zoodanig, dat men in beide buisjes den waterspiegel duidelijk en gelijktijdig kan waarnemen. Hiertoe stelt men zich op een afstand van ± 1 M. van het instrument. Daar het water ten opzichte van een waterpasvlak, naar het beginsel der *communiceerende vaten*, in beide buisjes even hoog staat, geven de waterspiegels een waterpasvlak aan, dat door *zichten* op het terrein wordt overgebracht.

§ 32. **Waterpasslang.** Deze berust op hetzelfde beginsel als het fleschjeswaterpas. De horizontale buis is hier door



Fig. 29.

eene gutta-percha slang, lang 20 M. en meer (tot 300 M.), vervangen (fig. 29). Bij het overbrengen van een hoogtepunt over tamelijk grooten afstand kan de waterpasslang zeer nuttig zijn, bijv. bij een gebouw, waar de slang over of om een muur of balklaag kan worden gelegd.

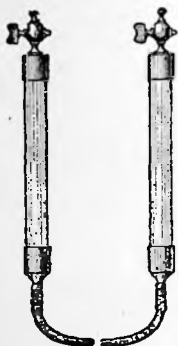


Fig. 29a.

Zijn de buisjes 10 m.M. en dunner, dan merkt men op, dat ten gevolge van capillaire werking der vloeistof, deze langs den wand van de fleschjes optrekt. Bij het viseeren ziet men dan niet één, maar twee waterpasvlakken. De donkerste (onderste) teekent zich het scherpst af en benut men meestal.

De in fig. 29 voorgestelde slang heeft het nadeel, dat door de open buisjes het water spoedig afvloeit bij het transporteeren van het toestel. Dit wordt voorkomen, als de glazen van koperen kraantjes worden voorzien, zooals in fig. 29a is voorgesteld.

Een z.g. *nauwkeurigheids-waterpasslang* geeft fig. 29*b* te zien. Hierbij is ter vereenvoudiging der contrôle op de glazen buisjes eene verdeeling aangebracht. Voor 't breken zijn de fleschjes beschermd door koperen hulzen.



Fig. 29*b*.

§ 33. **Eenvoudig waterpasinstrument met vasten kijker.** Voor nauwkeurige waterpassingen zijn de hiervoren behandelde instrumenten uit den aard der zaak minder geschikt. Men maakt hiervoor gebruik van een *waterpasinstrument*.

In zijne eenvoudigste gedaante bestaat het waterpasinstrument (fig. 30 en 31) in hoofdzaak uit een *kijker* (*A B*), eene *libel* (*C*), een verticalen *spil-* of *ashouder* (*D*) en een *drievoet* (*E*). De laatste is van drie stelschroeven (*a*) voorzien.

De kijker bestaat uit eene van messing vervaardigde buis,

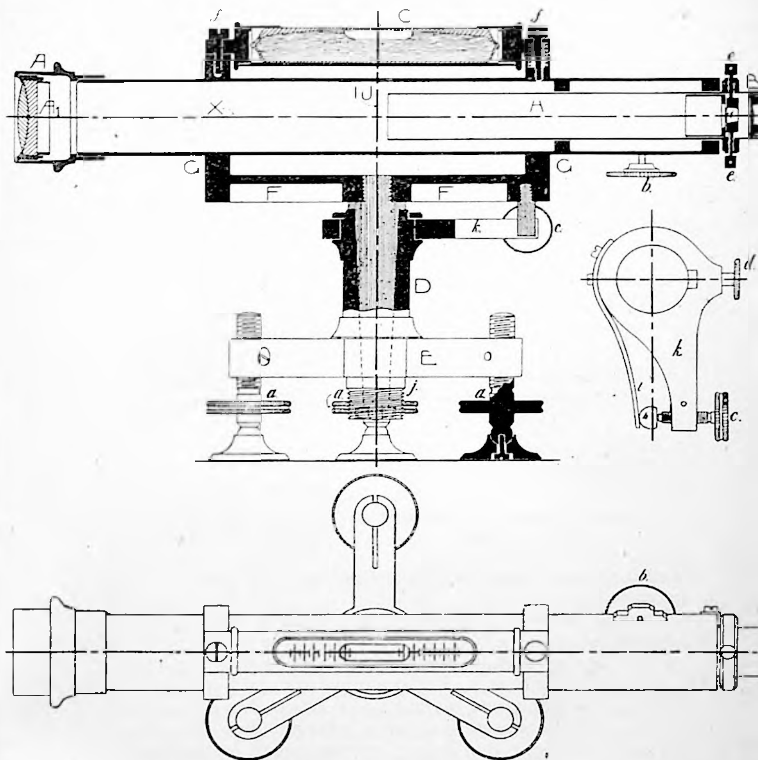


Fig. 30.

waarin zich *lenzen* bevinden. Hij kan met eene klemschroef *d* worden vastgezet, waarna door middel van de micrometer-

schroef *c* nog eene fijne beweging mogelijk is. De lens bij *A* draagt den naam van *voorwerp-* of *objectief-lens*, die bij *B* van *oog-* of *oculairlens*.

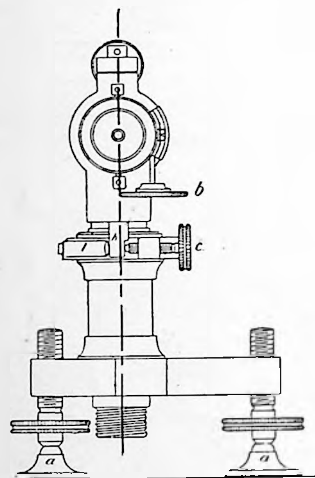


Fig. 31.

Door den kijker ziende, neemt men alle punten waar, die zich in het *gezichtsveld* bevinden. Om zich daarvan tot een enkel punt te kunnen bepalen, zijn bij *i* op een cirkelvormig plaatje twee elkaar rechthoekig kruisende spinragdraden aangebracht, welke men *kruisdraden* *) noemt en met welker snijpunt men een bepaald punt in het gezichtsveld tot samenvalling kan brengen. De lijn, gaande door de *optische* middelpunten (§ 38) der lenzen, heet de *optische as* van den kijker en daarin moet het snijpunt der kruisdraden zijn gelegen. Een der kruisdraden loopt horizontaal. Het plaatje *i*, waarop de kruisdraden zijn aangebracht, wordt *diaphragma* genoemd.

In de hoofdbuis van den kijker, waarin het objectief is bevestigd, is door middel van een kop *b*, waaraan een rondsel zit dat op een heugel werkt, een tweede buisje *H* verschuifbaar. In dit laatste is het *oogdopje* (*oculair*) *g* aangebracht, dat met de hand een weinig in- en uitgeschoven kan worden.

Daar bij toepassing van eene enkelvoudige lens voor het objectief de door den kijker waargenomen voorwerpen (*ob-*

---

*) De kruisdraden zijn soms op een glasplaatje geëtste, zeer fijne lijnen, òf eenvoudig rechthoekig op elkaar, òf één horizontale en twee vlak naast elkaar geplaatste loodlijnen, of één horizontale lijn met door 't midden twee elkaar kruisende lijnen.

jecten) met een gekleurden rand zijn omgeven, wat zeer hinderlijk zou zijn voor eene juiste waarneming, is eene tweede lens A_1 aangebracht. Hierdoor ontstaat het *achromatisch objectief* (achromatisch = kleurloos), waarvan de positieve of bolle lens van *crownglas*, de negatieve of holle lens van *flintglas* is vervaardigd.

De randstralen der lens, welke niet geheel kleurloos zijn, worden veelal op in den kijker aangebrachte ringvormige schermen opgevangen en vallen dus niet in het oog van den waarnemer.

De kijker van het instrument, in fig. 30 en 31 voorgesteld, is *vast* en tegen het weerkaatsen der invallende lichtstralen inwendig geheel dof-zwart gemaakt.

§ 34. **De breking der lichtstralen** in den *astronomischen**) (d. i. een omgekeerd beeld vormenden kijker) — ook wel kijker van Kepler genoemd — is schematisch voorgesteld in fig. 32.



Fig. 32.

Van het waar te nemen voorwerp *V* vallen lichtstralen op de objectief-lens *A*. Hierdoor gebroken, gaan zij door de oculairlens *B*, waar zij wederom gebroken worden en in het oog vallen.

Bij *C* ontstaat nu een *werkelijk*, doch *omgekeerd beeld* van het voorwerp *V*, terwijl door de oculairlens, bij *D* een *vergroot* omgekeerd beeld van het voorwerp *V* wordt gevormd. Ter plaatse, waar het werkelijk beeld van het voorwerp gevormd wordt (C), worden de kruisdraden geplaatst.

Het beeld *C* moet steeds binnen den brandpunts-afstand der lens worden gevormd. Naar gelang van den afstand tot het voorwerp, dat nu eens dichterbij, dan weer verderaf gelegen is, zal de plaats van het werkelijk beeld in *C* niet immer samenvallen met de kruisdraden. Het is dus noodig, dat hun afstand tot het objectief veranderd kan worden.

*) Astronomisch = sterrenkundig.

Eveneens is het noodzakelijk, dat het oculair verschuifbaar is, daar de afstand van duidelijk zien van verschillende personen niet dezelfde is en, zooals wij hiervoren zagen, de plaats der kruisdraden ook veranderen kan.

Daar het oculair in den gewonen kijker van Kepler onduidelijke beelden geeft, past men meestal een meer samengesteld oculair toe.

De gebroken lichtstralen komen, zooals uit fig. 32 blijkt, bij *O* in eene kleine ruimte bijeen. 't Is dáár, dat men het oog moet houden om zooveel mogelijk lichtstralen op te vangen. Dit punt heet het *oogpunt*.

Indien nu voor het oog van den waarnemer het kruispunt der draden samenvalt met een bepaald punt van het voorwerp, dat men waarneemt, dan zegt men, dat de kijker op dat punt *gericht* is. De lijn, welke door het snijpunt der draden en het punt, waarop de kijker gericht is, gaat, heet *vizierlijn*. De vizierlijn moet samenvallen met de optische as en deze moet weder evenwijdig zijn met de *richtlijn* van het *niveau* (= libel). Is laatstgenoemde waterpas, dan is ook de vizierlijn waterpas.

Op het diaphragma werken twee (soms vier) *correctieschroefjes* (*e* in fig. 30), waardoor het kruispunt der draden eenigszins kan worden verschoven.

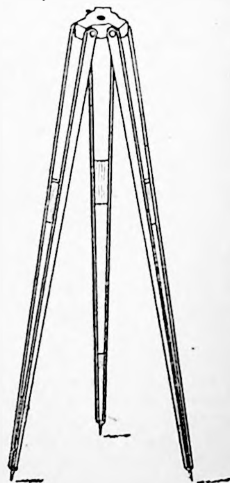


Fig. 33.

§ 35. **Statief.** Het instrument wordt geplaatst op een van een stevige houtsoort (eiken, mahonie) vervaardigd *statief* (zie fig. 33), op het bovenvlak waarvan het wordt vastgeklemd door een *veerhaak*. Aan het ondereinde is deze veerhaak van een haakje voorzien, waarin men een schietlood (*puntlood*) kan hangen. Hierdoor is het punt, waarboven het instrument is opgesteld, met juistheid op het terrein te bepalen.

Het aldus op het statief vastgeklemde instrument kan nu telkens, bij elke gewenschte verplaatsing, met statief en al worden opgenomen.

Sommige instrumenten worden op andere wijze op het statief bevestigd. Bij de omschrijving dezer instrumenten wordt hierop gewezen.



Fig. 34.

§ 36. **Waterpasbaken.** Voor het aflezen van de hoogte der vizierlijn des kijkers boven een bepaald punt van het terrein, wordt in dit punt eene *baak* geplaatst, waarop in heldere kleuren (gewoonlijk zwart, rood en wit) eene verdeeling in centimeters of dubbele centimeters is aangebracht. Daar men door den kijker — zooals uit fig. 32 gebleken is — een omgekeerd beeld van de baak te zien krijgt, zijn de cijfers op de baken bij de deelstrepen der decimeters onderstboven geplaatst. Hierdoor ziet men ze door den kijker recht voor zich en kan men ze dus gemakkelijk aflezen. Niet bij alle baken is deze nummering aldus aangebracht. Het aflezen wordt daardoor niet noemenswaard moeilijker, doch eischt slechts eenige oplettendheid bij de cijfers 6 en 9.

De baken zijn in verschillende constructies in den handel, o. a. als *inschuifbaar*, *vouwbaar*, enz. De fig. 34 en 35 geven er een paar voorbeelden van. De hiervoren bedoelde soort noemt men *zelfleeswaterpasbaken*, ter onderscheiding van de baken, welke van een bordje zijn voorzien, dat door den persoon, die de baak vasthoudt (*baakhouder*), naar de aanwijzingen van den waarnemer zoolang op en neer geschoven wordt, tot de vizierlijn gericht is op een op het bordje geteekende lijn. Laatstgenoemde soort, *baken met bordjes* genaamd, zijn weinig in gebruik en voor gewone waterpassingen o. i. niet aan te bevelen.



Fig. 35.

De baken behooren voor nauwkeurige aflezingen van een schietlood of libel te zijn voorzien, om ze zuiver loodrecht te kunnen houden.

Zijn deze *niet* aanwezig, dan late men de baak langzaam voor- en achterover bewegen. Hierdoor verkrijgt men verschillende aflezingen, waarvan de kleinste dan de juiste is.

§ 37. **Gebruik van het waterpasinstrument.**

Om het hoogteverschil tusschen twee punten van het terrein te bepalen, doet men op die punten baken houden en plaatst men het instrument zooveel mogelijk op gelijken afstand der beide baken, zóódanig, dat men gemakkelijk kan aflezen.

Het statief wordt op eene zoodanige hoogte gesteld, dat de waarnemer zich slechts weinig voorover behoeft te buigen om door den kijker te kunnen zien. Het bovenvlak van het statief wordt nu op het oog horizontaal gesteld, het instrument er op geplaatst en met den veerhaak stevig vastgeklemd. Thans wordt de libel tot *inspelen* gebracht. Dit geschiedt door den kijker evenwijdig met twee der stelschroeven (*a*) te brengen (richting *AB* fig. 36) en daarna deze twee schroeven met beide handen gelijktijdig te bewegen, naar elkander toe of van elkaar af.

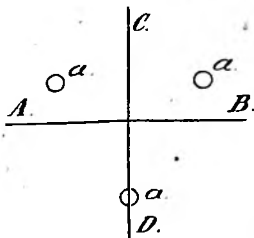


Fig. 36.

Vervolgens wordt de kijker gedraaid boven de derde stelschroef (richting *C D* fig. 36) en de libel opnieuw tot inspelen gebracht. Hierna wordt onderzocht, of de bel in den eersten stand nog inspeelt. Is dit niet het geval, dan moet de bewerking zoolang worden herhaald, tot de luchtbel bij het ronddraaien van den kijker niet van plaats verandert. Daar tijdens het aflezen de bel nauwkeurig moet inspelen, en men zulks bij een instrument zonder libelspiegel niet zelf — gelijktijdig met het aflezen — kan waarnemen, moet de inspeling worden bewerkstelligd door een tweeden persoon,

die, b.v. met een potlood, een zachten druk op de libel uitoefent. Thans brengt men het oog voor het oculair en tracht men de kruisdraden te zien. Gelukt dit niet, of is het beeld niet duidelijk genoeg, dan moet men met de hand het oogbuisje voorzichtig uit- of inschuiven. Heeft men aldus de kruisdraden dadelijk vóór zich, dan richt men op eene der baken en brengt men met den geranden kop *b* (fig. 30) de baak duidelijk voor het oog. Is nu door deze bewerking het *beeld* van het voorwerp niet juist in het vlak der kruisdraden gekomen, dan ontstaat er *verschilzicht* of *parallax*. Dit kan men constateeren door het oog op en neer te bewegen; alsdan zullen ook de kruisdraden zich schijnbaar op en neer bewegen ten opzichte van het geviseerde punt op de baak. Deze parallax moet weggenomen worden door het in- of uitschuiven van het oculairbuisje.

Is dit geschied, dan kan men tot de aflezing op de eerste baak overgaan. Dit vereischt eenige oefening, daar de onderdeelen van centimeters geschat moeten worden.

Heeft men op gelijke wijze de aflezing op de tweede baak verricht, dan volgt uit de aftrekking der verkregen aflezingen het gevraagde *hoogteverschil*.

HOOFDSTUK V.

NAUWKEURIGE WATERPASINSTRUMENTEN.

§ 38. **Verschillende inrichtingen van den kijker.** De *lenzen* (fig. 37), die bij elken kijker zulk eene voorname plaats innemen, worden onderscheiden in twee hoofdsoorten, n.l.:

1°. *Convexe lenzen*, welke in het midden dikker zijn dan aan de kanten.

2°. *Concave lenzen*, welke aan de kanten dikker zijn dan in het midden.

De convexe lenzen worden onderverdeeld in:

A. *Dubbelbol* of *biconvex*.
B. *Platbol* of *planconvex*.
C. *Holbol* of *concaafconvex*.

De concave lenzen in:

D. *Dubbelhol* of *biconcaaf*.
E. *Plathol* of *planconcaaf*.
G. *Bolhol* of *convexconcaaf*.

De wijze, waarop de lichtstralen in de lenzen gebroken worden, wordt behandeld in de natuurkunde.

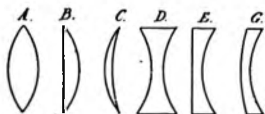


Fig. 37.

Voor een juist inzicht is de kennis hiervan zeer gewenscht.

Tot goed begrip der zaak zullen wij hieronder een paar veel voorkomende benamingen omschrijven.

a. *Hoofdbrandpunt* (focus). Hieronder wordt dat punt verstaan, waar alle stralen na breking samenkomen.

b. Het punt van de lens, hetwelk de eigenschap bezit, alle stralen, die zoodanig op de lens vallen, dat zij na breking door dat punt gaan, evenwijdig met hunne oorspronkelijke richting te doen uittreden, wordt het *optisch middelpunt* der lens genoemd.

§ 39. Bij een zeer groot aantal instrumenten is de kijker geconstrueerd als bij het in fig. 30 afgebeelde eenvoudige waterpasinstrument.

Door dezen kijker, dien men *astronomischen* (= hemelschen)



Fig. 38.

kijker noemt, wordt, zooals in fig. 32 werd aangetoond, een *omgekeerd* beeld van het voorwerp gezien. Bij sommige instrumenten echter ziet men het waargenomen voorwerp in den juisten stand voor zich. Dit wordt verkregen, door in den kijker nog twee lenzen aan te brengen. De eene bijkomende lens is de omkeerende, de tweede de verzamellens. Dergelijke kijkers heeten *terrestrische* (= aardsche), zie fig. 38. De kruisdraden worden geplaatst bij *m n*.

Een belangrijk onderdeel van den kijker is het *oculair*. Men treft hiervan meestal drie soorten aan n.l.: het *oculair van Huygens*, het *oculair van Ramsden* en het *orthoscopisch*) oculair van Kellner;* het tweede wordt het meest toegepast. Het eerste, fig. 39, bestaat uit twee planconvexe lenzen, welke beide met hare bolle zijde naar het objectief zijn toegekeerd.

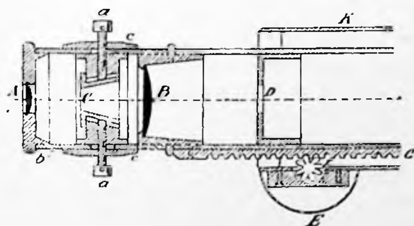


Fig. 39.

De het dichtst bij de objectief-lens geplaatste lens draagt den naam van *veld-* of *collectief-lens;* de andere dien van

*) Orthoscopisch = rechtziend.

ooglens. Het diaphragma wordt ter bestemder plaatse *tusschen* de beide lenzen geplaatst.

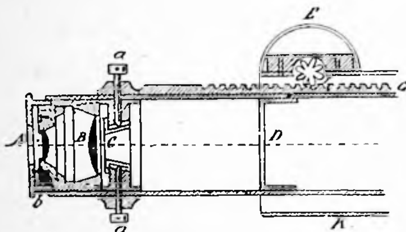


Fig. 40.

Het *Ramsden-oculair* (fig. 40) bestaat eveneens uit twee planconvexe lenzen, die, in tegenstelling met 't *Huygens-oculair*, met de bolle zijde naar elkaar toe zijn gekeerd. Deze lenzen hebben in *F* een gemeenschappelijk brandpunt, terwijl hare brandpunts-afstanden zich verhouden als 9 : 5 (fig. 40*a*).

Bij het oculair van Huygens is deze verhouding als 3 : 1. Het diaphragma wordt geplaatst even *voor* de vlakke zijde der collectief-lens. Het in fig. 30 voorgestelde waterpas-instrument is voorzien van een Ramsden-oculair.

Het *oculair van Kellner* is geconstrueerd als dat van Ramsden, echter met achromatische*) ooglens, met de bolle zijde naar binnen gekeerd.

§ 40. **Waterpasinstrument met vasten kijker en verdeelden cirkelrand.** Het in fig. 41 voorgestelde instrument komt in hoofdzaak overeen met het in fig. 30 afgebeelde. Het bevat echter bovendien een in 360° verdeelden cirkelrand met *nonius* (waarover later bij de nauwkeurige hoekmeetinstrumenten) door welke inrichting het instrument tevens geschikt is om op nagenoeg vlak terrein horizontale hoeken te meten. Klem- en micrometerschroef zijn aanwezig, benevens een Ramsden-oculair.

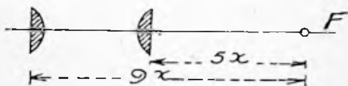


Fig. 40*a*.

*) Achromatisch = kleurloos. De achromatische lens ontstaat, door 2 à 3 uit verschillende glassoorten samengestelde lenzen aan elkaar te kitten.

Een gewijzigd type van een instrument met vasten kijker is voorgesteld in fig. 41*a* en fig. 41*b*. Bij beide instrumenten is de cirkelrand niet aanwezig, zoodat in een waterpasvlak liggende hoeken er niet mede gemeten kunnen worden. Bij het instrument, voorgesteld in fig. 41*b*, is de vaste vork-arm, waarop de kijker bevestigd is, scharnierend op de verticale as bevestigd en kan de kijker dus in een verticaal vlak worden bewogen. Hiertoe dient de links aangebrachte *kipschroef*, terwijl verder micrometerschroef en klemschroef bij beide instrumenten aanwezig zijn.

§ 41. Waterpasinstrument met vasten kijker, libelspiegel en micrometerschroef.

Het in fig. 42 voorgestelde instrument onderscheidt zich van het in fig. 30 afgebeelde door een paar inrichtingen, welke bij het vlug opstellen en regelen van veel belang zijn. Het bevat nl. behalve klem- en micrometerschroef: een *hulplibel*, een *libelspiegel* en eene *kipschroef*.

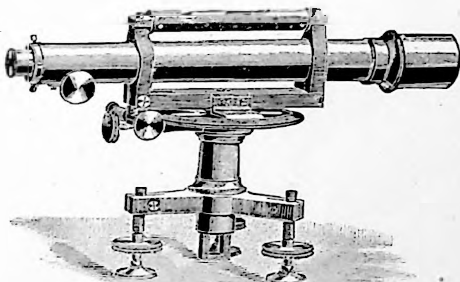


Fig. 41.

Het hulpniveau is aangebracht boven den kijker. Het voordeel hiervan is, dat men ook met de derde stelschroef reeds dadelijk kan werken, vóórdat de kijker in den tweeden stand (*C D* fig. 36) wordt gedraaid.

De libelspiegel is los bij het instrument gevoegd en kan links en rechts van de libel worden geplaatst.

Door de bolscharnieren, waarmede hij aan de stift is bevestigd, is het mogelijk, hem in elken gewenschten stand boven de libel te plaatsen.

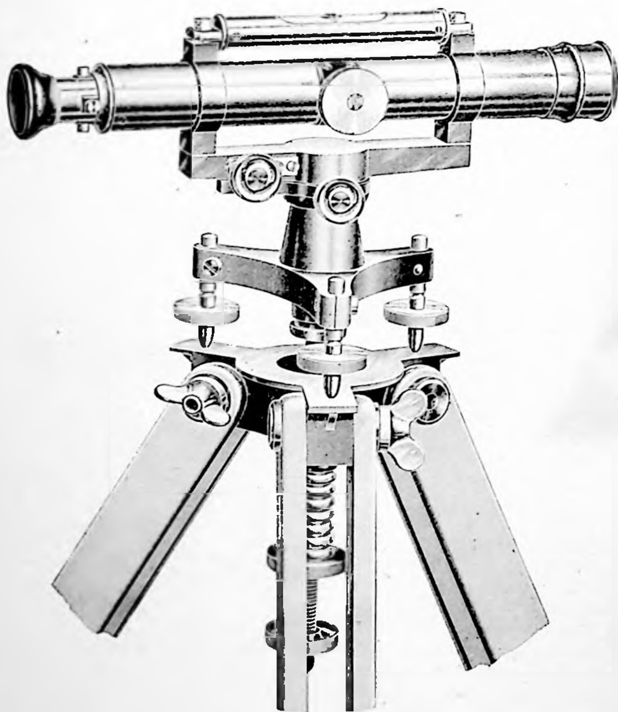


Fig. 41a.

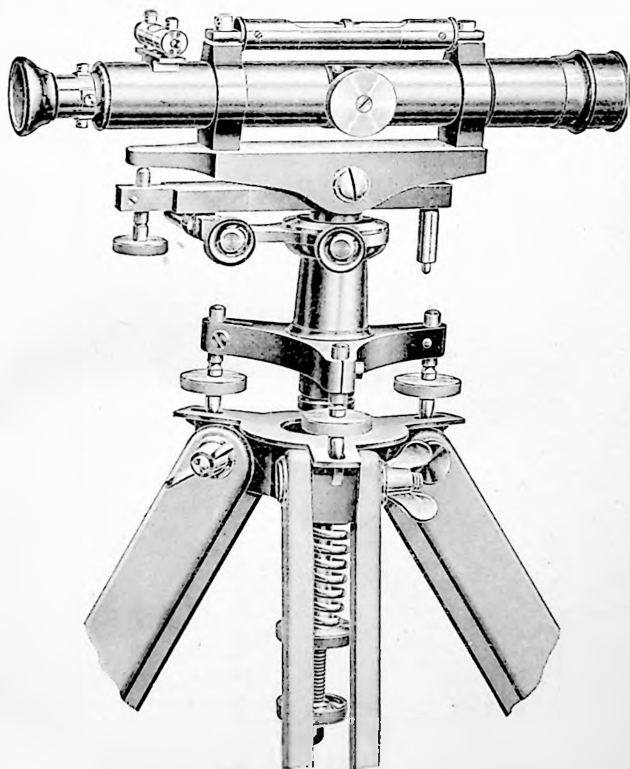


Fig. 41*b*.

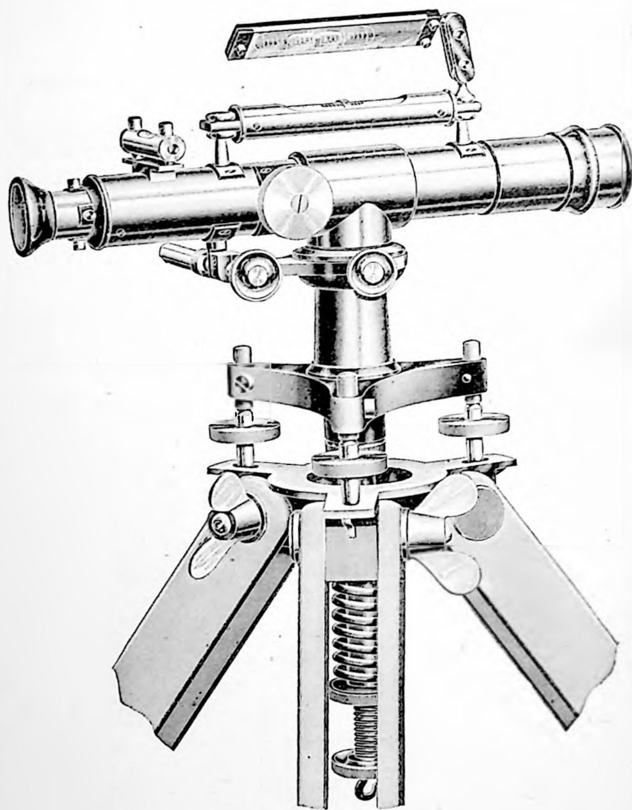


Fig. 42.

De waarnemer plaatst den spiegel zoodanig, dat hij daarin tijdens het waarnemen steeds met één oogopslag kan zien, of de bel nog inspeelt. Bij dit instrument is het dus niet noodig, dat de bel tijdens het aflezen door een tweeden persoon wordt gecontroleerd.

Eene geringe afwijking van de libel kan worden verbeterd door de schroef, welke onder aan het naar den waarnemer toegekeerde bevestigingsblok van den kijker is aangebracht. Deze schroef maakt eene geringe beweging van libel en kijker te zamen in horizontale richting mogelijk.

§ 42. **Waterpasinstrument van Troughton en Simms.** Het instrument van Troughton en Simms, voorgesteld in

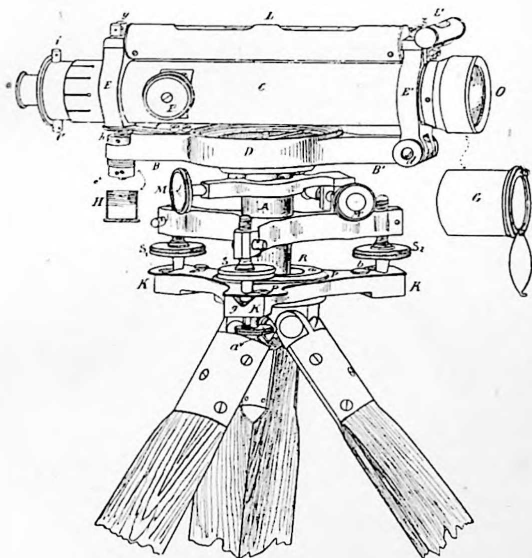


Fig. 43.

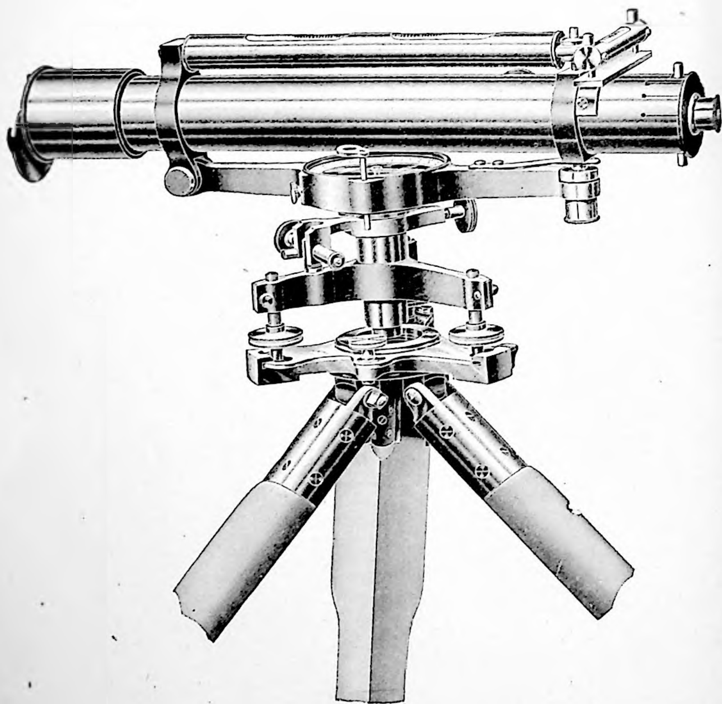


Fig. 43a.

fig. 43 en 43a, beveelt zich aan door zijn handigen, kort ineengedrongen vorm en zeer zorgvuldige bewerking. Het is voorzien van een vasten kijker en eene hoofdlibel, en aan het objectief-einde bovendien van eene, haaks op de richtlijn der hoofdlibel geplaatste, kleinere libel, die bij het

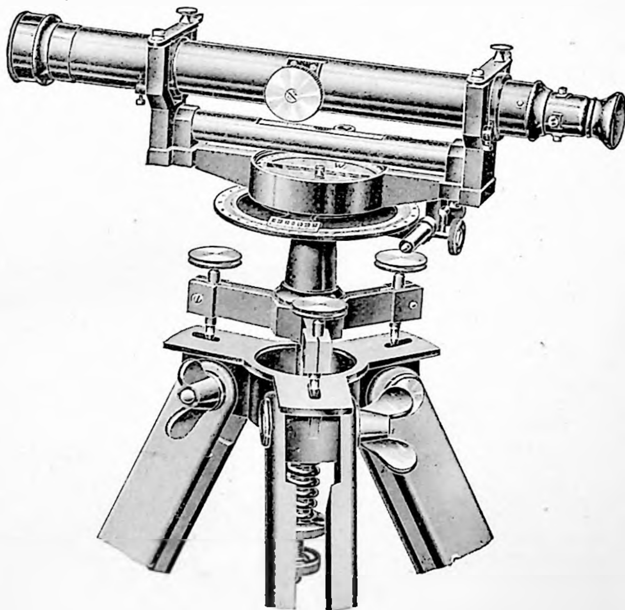


Fig. 44.

doen inspelen veel gemak oplevert. Aan het oculair-einde is, evenals bij het in fig. 42 voorgestelde instrument, eene kipschroef aangebracht, waardoor richt- en vizierlijn loodrecht op de as gesteld kunnen worden.

Voor het instrument van Troughton en Simms is de kop van

het statief op een bijzondere wijze ingericht, waardoor het aanbrengen van een veerhaak wordt vermeden; het is n.l. voorzien van een driearmig plaatje, waarin gaatjes zijn gespaard voor het doorlaten der stelschroeven. Is het instru-

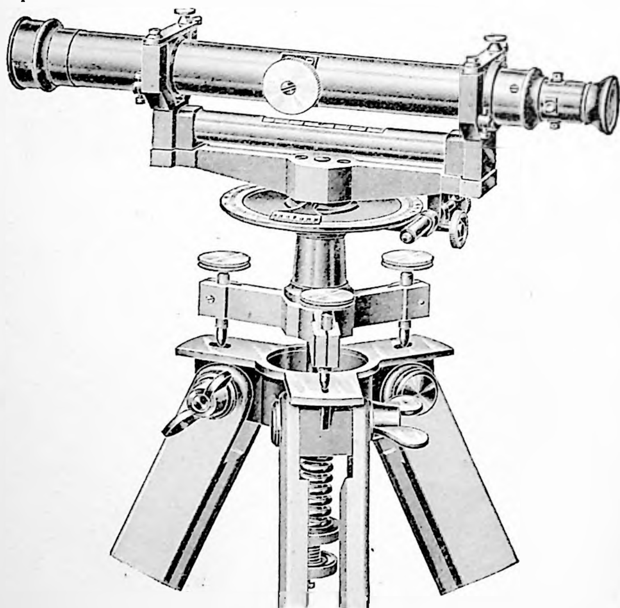


Fig. 44a.

mentje op het statief geplaatst, dan kan het plaatje eenigszins worden verschoven, waardoor de stelschroeven worden vastgezet. Het plaatje wordt door eene klemschroef aan de onderzijde vastgezet. De inrichting zal voldoende uit de figuur zijn af te leiden.

Het instrument is voorzien van een Ramsden-oculair en eene boussole.

§ 43. **Waterpasinstrument met draaibaren en omlegbaren kijker (systeem „Egault").**

Bij dit instrument, waarvan wij in fig. 44 eene afbeelding geven, is de libel onder den kijker aangebracht en in de lengterichting onverschuifbaar tusschen vorkvormige armen gelegd. Het verstellen der libel kan geschieden door het aan de onderzijde van den draaiarm (links in de figuur) aangebrachte correctieschroefje. De kijker ligt los in de vorken en kan 180° worden omgewenteld. Deze zijn boven den kijker gesloten door draaibare plaatjes, welke, geopend zijnde, gelegenheid geven om den kijker uit te nemen en om te leggen, in dien zin, dat het oculair-einde ter plaatse van het objectief-einde komt. Deze inrichting van den kijker geeft, zooals wij bij het regelen der verschillende instrumenten zullen verklaren, veel gemak.

Een dergelijk instrument als in fig. 44 afgebeeld, is voorgesteld door fig. 44*a*, evenwel zonder boussole.

§ 44. **Waterpasinstrument met draaibaren en omlegbaren kijker en reversie-libel.**

In het door fig. 45 voorgestelde waterpasinstrument is de kijker, evenals bij het voorgaande, in vorken 180° draaibaar en omlegbaar. Het verschil tusschen deze beide instrumenten is in hoofdzaak gelegen in de wijze van plaatsing der libel. Bij 't systeem Egault is de libel aan den draaiarm van het instrument bevestigd en dus onafhankelijk van de beweging des kijkers; bij het in fig. 45 voorgestelde instrument is echter de libel aan den kijker verbonden, waardoor bij het draaien van den

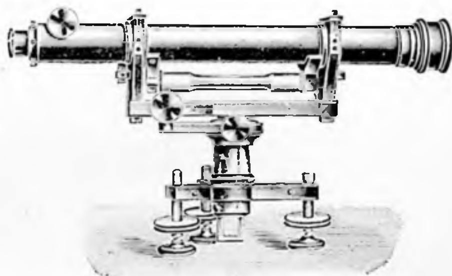


Fig. 45.

kijker de libel zich beurtelings onder en boven den kijker zal bevinden. Door deze plaatsing werd een bijzondere inrichting der libel noodzakelijk. Zij is dan ook onder en boven uit de koperen huls zichtbaar en van eene onder- en bovenschaalverdeeling voorzien, aan welke inrichting zij den naam van *reversie-libel* ontleent.

§ 45. **Waterpasinstrument met draaibaren en omlegbaren kijker en met ruiterlibel.**

Het in fig. 46 voorgestelde instrument is voorzien van een omlegbaren en om 180° draaibaren kijker met eene daarboven aangebrachte libel. Om den kijker te kunnen omleggen, kan de libel zijdelings worden omgeslagen of wel geheel er afgenomen.

Aan deze inrichting ontleent de libel de benaming van *ruiterlibel*. Het niveau is voorts van drie correctieschroefjes voorzien, waardoor het corrigeeren der richtlijn zeer eenvoudig wordt.

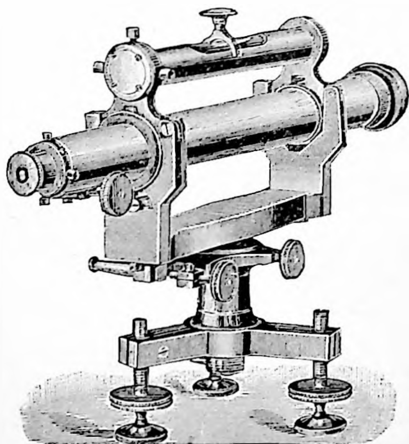


Fig. 46.

Het instrument is van zeer stevige constructie en bij uitstek geschikt voor zeer nauwkeurige en uitgestrekte waterpassingen. Door de bijzondere inrichting van het instrument vereischt de regeling een minimum van tijd en wordt groote zekerheid verkregen.

§ 46. **Waterpasinstrument met draaibaren en omlegbaren kijker, reversie-libel en micrometerschroef.**

Het in fig. 47 afgebeelde waterpasinstrument is voorzien van een draaibaren en omlegbaren kijker en reversie-libel als bij fig. 45, en bovendien van eene micrometerschroef. Deze schroef, op den kop waarvan eene randverdeeling is aangebracht en waarbij dus elke omwenteling nauwkeurig

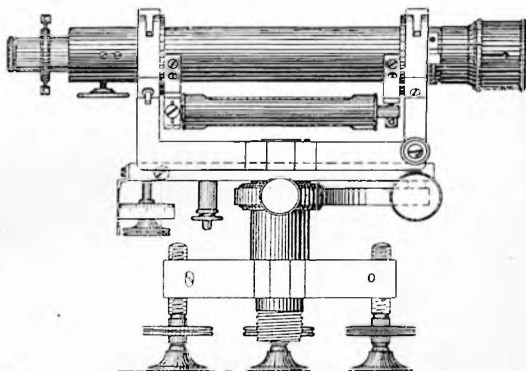


Fig. 47.

ten opzichte van eene indexstreep is af te lezen, doet denzelfden dienst als de kipschroef van het instrument fig. 42, doch stelt ons tevens in staat, met het instrument bij hellende vizierlijn te waterpassen en de afwijking van den horizontalen stand nauwkeurig te bepalen. Bij waterpassen in geaccidenteerd terrein geeft dit groote tijdbesparing, aangezien het instrument nu niet zoo dikwijls behoeft verplaatst te worden, waardoor dus ook het aantal aflezingen vermindert. Voor het opnemen van hoogtelijnen is het instrument dan ook zeer geschikt. De wijze, waarop het bij hellende vizierlijn wordt gebruikt, is in de 4e Afdeeling beschreven.

De constructie kan voldoende uit de figuur worden afgeleid.

§ 47. Waterpasinstrument met draaibaren en omlegbaren kijker en ruiterlibel (systeem Lenoir).

Dit instrument (fig. 48), *Niveau-cirkel van Lenoir* genoemd, heeft een onverdeelden cirkelrand, waarop in twee blokken

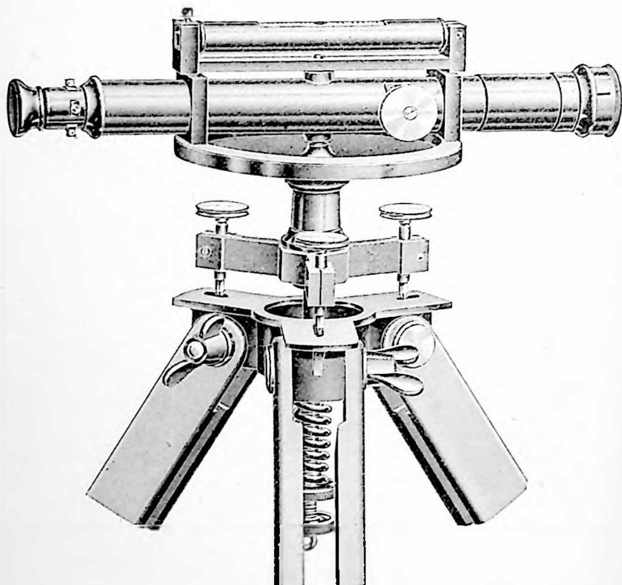


Fig. 48.

de kijker rust, die draaibaar op den cirkelrand kan bewegen. Op de blokken van den afneembaren kijker is, eveneens afneembaar, het niveau aangebracht.

Het spreekt vanzelf, dat bij dit instrument het er vooral op aankomt, dat de blokken van den kijker even hoog zijn. Men moet zich daarvan vóór het gebruik overtuigen, hetgeen geschiedt op de volgende wijze. Men stelt met

het niveau, dat op de blokken geplaatst is, de richtlijn horizontaal door middel van de stelschroeven. Verwisselt men nu de blokken, zonder het niveau om te keeren, dan moet de bel nog inspelen.

§ 48. **Waterpasinstrument met draaibaren en omlegbaren kijker, reversie-libel en vier stelschroeven.**

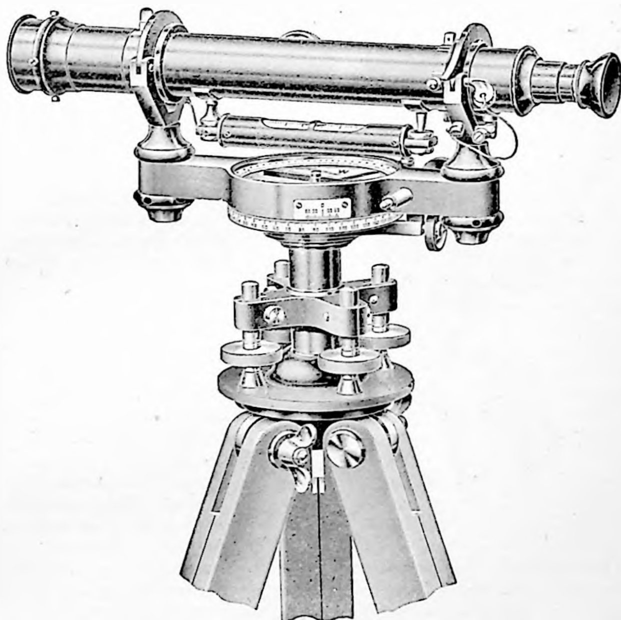


Fig. 49.

Waren de hiervoren beschreven instrumenten alle voorzien van den astronomischen kijker en drie stelschroeven, het in fig. 49 afgebeelde instrument is voorzien van een *terres-*

trischen kijker en vier stelschroeven. De kijker is bovendien *centreerbaar*, terwijl het instrument voorzien is van boussole en randverdeeling met nonius. Het statief van dit instrument is voorzien van een bronzen kop.

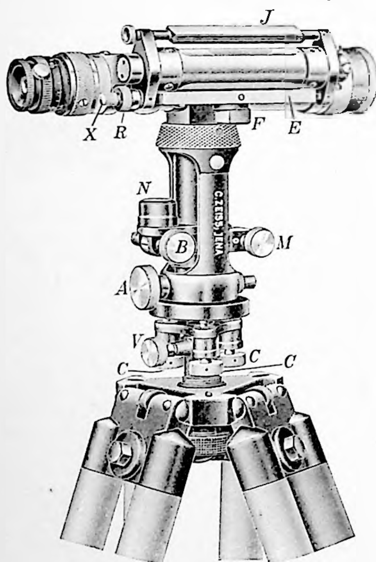


Fig. 50.

§ 48*a*. Door Carl Zeiss, te Jena, werd een klein waterpasinstrument in den handel gebracht, dat in verschillende opzichten afwijkt van de gebruikelijke constructies, hetgeen uit de hier volgende beschrijving moge blijken.

Zooals de fig. 50 en 50*a* doen zien, bestaat het uit twee afzonderlijke deelen : *den kijker* met kijkerdrager, en een *verticale as*. Bij het transporteeren worden deze hoofddeelen naast elkaar in een étui gelegd, waardoor ze zeer weinig ruimte innemen. De geheele kijkerlengte bedraagt bij fig. 50 slechts 19 cM.

Het opstellen geschiedt bij het instrument fig. 50 als volgt. De verticale as wordt met een huls op een pen van het statief gezet en vastgeklemd door een schroef, van onder door den kop van het statief gestoken, welke schroef tevens dienst doet bij het vastzetten van het toestel in het kistje. Vervolgens zet men op deze verticale as-inrichting den kijker met kijkerdrager, welke door middel van een rondgaande groote schroef met conischen koprand wordt vastgezet. Met behulp van de stelschroeven *V* wordt de dooslibel *N* tot

inspelen gebracht. Kan men bij de aflezing het prisma F niet goed zien, dan wordt de libelspiegel J zooveel noodig om een horizontale as naar beneden gedraaid. Na ten slotte het deksel voor het objectief te hebben verwijderd, kan met het instrument worden afgelezen.

Onderdeelen. Behalve de hierboven genoemde onderdeelen, zijn er nog enkele, welke duidelijkheidshalve behooren te worden vermeld.

De kijker kan om een horizontale as draaien, voor welke beweging een kipschroef A is aangebracht. Geringe bewegingen in horizontalen zin worden ten uitvoer gebracht door de micrometerschroef B, nadat de klemschroef M is vastgezet.

De libel is tegen temperatuurs- en andere invloeden beschermd door een glazen cylinder. Eigenaardig is, dat deze libel (reversielibel) in 't geheel geen deelstrepen heeft, zooals bij gewone instrumenten het geval is. Van „inspelen" in de gewone beteekenis is dus geen sprake. Ten einde echter toch te kunnen constateeren, dat de luchtbel zich op de juiste plaats bevindt, is in een huisje E een combinatie van prisma's aangebracht. Deze geven van de einden der luchtbel beelden, welke door middel van het draaibare prisma F zoowel van het oculair- als van het objectief-einde zichtbaar zijn. Zal nu de luchtbel „inspelen", dan moeten de beelden der beide uiteinden van de luchtbel samenvallen. Parallax kan dus niet ontstaan, wat als een voordeel moet worden aangemerkt. De waarnemer heeft het hoofd slechts iets links en omhoog te houden, om het samenvallen der beelden te kunnen zien. Na het omwentelen van den kijker (in fig. 50a komt de libel dus aan den anderen kant van den kijker te liggen, terwijl objectief en oculair niet van plaats veranderen) zijn de beelden van de luchtbel wederom in het prisma F — dat zich nu onder den kijker bevindt — zichtbaar. In dezen stand draait men den libelspiegel echter iets omhoog, in plaats van omlaag.

Wenscht men de beelden van de luchtbel van het objectief-einde af te zien, dan draait men F 90° om. Met het oog op het regelen is F op de libel verschuifbaar en is E met schroefjes op de libel bevestigd.

Een schroef, ter zijde van den kijker aangebracht, dient om den brandpunts-afstand voor verschillende afstanden van

de waar te nemen voorwerpen te kunnen regelen. Bij het bewegen van deze schroef verplaatsen zich de lenzen n.l. in den kijker. Objectief en diaphragma zijn vast, doch draaibaar, ten einde een zoo volkomen mogelijk water- en stofdichte

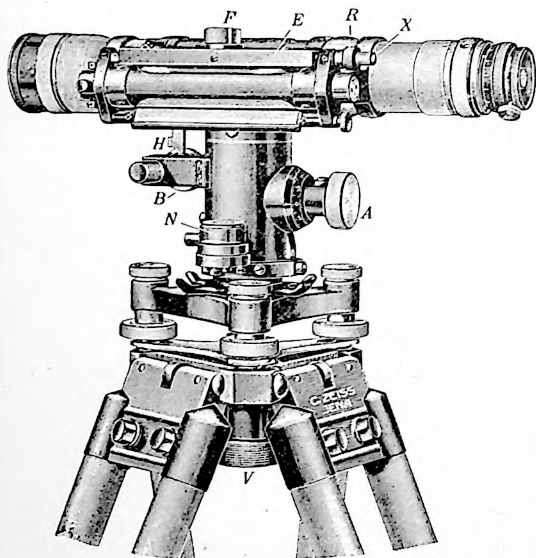


Fig. 50*a*.

constructie te verkrijgen. Voorts kan het oculair worden uitgenomen en in het objectief geschroefd, waartoe het middendopje uit den kijkerdop genomen wordt en, na vervanging door het oculair, om het objectief-eind van den kijker geschoven wordt.

§ 48*b*. Een grooter type van waterpasinstrument van Carl Zeiss, met een kijkerlengte van 28 cM., is afgebeeld in fig. 50*a*.

De inrichting komt in principe overeen met die van het instrument fig. 50, doch is eenigszins anders van groepeering ten aanzien der onderdeelen. Het instrument wordt in zijn geheel in de doos geborgen, alleen het plaatje met de drie stelschroeven moet worden losgeschroefd. Dit plaatje wordt eerst met de schroef *V* op het statief geklemd, terwijl het instrument ook in zijn geheel met deze schroef wordt vastgezet. *N* is het doosniveau, *B* de micrometerschroef, *F* het doosprisma, en *E* het prismakruisje, dat door de schroeven *R* en *X* regelbaar is. Kipschroef *A* is voorzien van een randverdeeling, evenals het oculair, zoodat de juiste stand te noteeren is.

§ 48*c*. De regeling en het gebruik van Carl Zeiss' instrumenten geschieden als volgt, waarbij wij de beschrijving van het instrument fig. 50*a* volgen.

Met den kijker kunnen *vier* standen worden ingenomen, en wel als volgt:

Stand I. Oculair in gewonen stand (kruisdraden zichtbaar). Libel links.

Stand II. Oculair als voren, Libel rechts.

Stand III. Oculair in justeerstand (d.i. oculair ingeschoven in kijkerdop en voor het objectief geschoven). Libel rechts.

Stand IV. Oculair als voren. Libel links.

Bij den overgang in den derden stand wordt het prisma naar den waarnemer toe gedraaid.

Bevindt zich het oculair in den kijkerdop (objectiefdeksel), dan worden de kruisdraden zichtbaar gemaakt door in- of uitschuiven van den kijkerdop (rechterhand aan den dop, met linkerhand den kijker vasthoudend).

In den regel zal men het instrument gebruiken in stand I. Voor nauwkeurige waterpassingen doet men evenwel goed, in de standen I èn II af te lezen. De standen III en IV dienen hoofdzakelijk voor regelingsdoeleinden.

De instrumenten nu kunnen van uit één standplaats volkomen geregeld worden, en wel zonder dat de waarnemer op andere regelingen behoeft te steunen. Deze regeling is als volgt te verrichten.

Op een nauwkeurige baak, die op een afstand van ongeveer

30 à 50 M. is geplaatst, neemt men bij voortdurend inspelende bel (waarneming van de luchtbel in het bovenste prisma *F*, en telkenmale instellen der libel met de kipschroef *A*) *vier* aflezingen achtereenvolgens in de standen IV, III, II en I van het instrument. *Het gemiddelde dezer vier aflezingen is steeds de juiste, hoe ook* het instrument overigens moge zijn ontregeld (wat trouwens bij dit instrument zelden voorkomt). Daarna begint men zijn waterpassingen met het instrument in den stand I.

Om de juiste aflezing te krijgen bij gebruik van een gewoon waterpasinstrument met reversie-libel, bepaalt men het gemiddelde van twee aflezingen, waarbij de libel zich beurtelings rechts en links van den kijker bevindt. Deze gemiddelde aflezing is echter dan alleen de juiste, wanneer de beide richtlijnen van het niveau evenwijdig zijn. Is dit laatste echter *niet* het geval, dan geeft de halve hoek, door de richtlijnen gevormd, de gemiddelde fout aan. Wordt deze hoek b.v. aan het oculair-einde gevormd, dan is de fout als negatieve waarde in rekening te brengen, in het tegenovergestelde geval is het een positief bedrag.

Brengt men nu het oculair in het objectief en zou men, door het niet evenwijdig zijn der richtlijnen, in de standen *a* en *b* een bedrag — p in rekening moeten brengen, dan wordt de fout nu, in de standen *c* en *d* nl., + p, welke bedragen elkaar opheffen. De beide richtlijnen worden bepaald door het prisma *E*. Wenscht men dus na te gaan, of het instrument is geregeld, dan bepaalt men eerst het gemiddelde van de vier aflezingen. Nu leest men weer in stand *a* af. Is deze aflezing dezelfde als de gemiddelde, dan is het instrument geregeld. Is dit niet het geval, dan zorgt men door de verdraaiing van de kipschroef *A*, dat men *wel* de gemiddelde aflezing krijgt, zonder dus op het al of niet inspelen van de bel te letten. Is dit in orde, dan laat men den kijker staan en zorgt, dat de libel inspeelt, door *E* zoolang te verschuiven, tot de einden van de luchtbel schijnbaar samenvallen.

§ 48*d*. **Kleine waterpasinstrumenten.** De kleine waterpasinstrumenten, afgebeeld in de figuren 50*b*, 50*c* en 50*d*, worden onder de benaming *reis-waterpasinstrumenten* in den handel gebracht. Hoewel deze zeer handige en goedkoopere

instrumenten uiteraard bij de gewone instrumenten in nauwkeurigheid achterstaan, bewijzen zij toch uitmuntende diensten in de vele gevallen, waarbij het niet mogelijk, of althans zeer lastig is, om de groote instrumenten te trans-

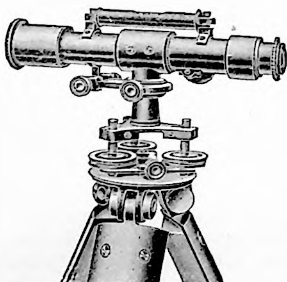


Fig. 50*b*.

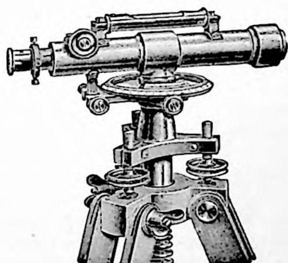


Fig. 50*c*.

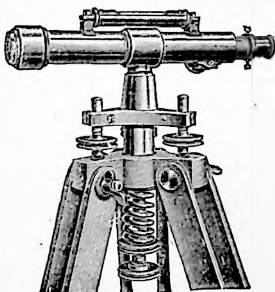


Fig. 50*d*.

porteeren of op reis mede te nemen. De constructie dezer instrumenten blijkt duidelijk uit de hier afgebeelde typen. Er valt bij op te merken, dat de oculairstelling wordt verkregen door ronddraaien van den oculair-dop, terwijl het

rondselknopje op den kijker door inwendige verplaatsing der lenzen (dus zonder dat de kijker uitschuift) gelegenheid geeft, den kijker scherp in te stellen.

§ 49. **Opstellen en regelen van een waterpasinstrument.** Elk instrument moet bij het meten aan eenige voorwaarden voldoen, namelijk:

1°. de voorwaarden van opstelling,

2°. de voorwaarden van regeling.

Onder de eerste verstaat men, dat de draaiings-as loodrecht wordt gesteld en het instrument zoo wordt geplaatst, dat men op beide baken duidelijk en zonder moeite kan aflezen.

Onder de tweede verstaat men de volgende *eischen*, waaraan het instrument behoort te voldoen:

a. De richtlijn van het niveau moet evenwijdig loopen met de vizierlijn van den kijker. Zijn vizier- en richtlijn niet evenwijdig, dan maakt men grove fouten bij het aflezen. Alleen wanneer het instrument zuiver in het midden tusschen de baken was opgesteld, zouden de fouten in de aflezing elkaar opheffen.

b. De richtlijn van het niveau moet loodrecht staan op de verticale as. Is aan dezen eisch van regeling niet geheel voldaan, dan kan men het maken van groote fouten voorkomen, door de bel voor elke aflezing, hetzij door de stelschroeven, hetzij door een lichten druk op het instrument, te doen inspelen.

c. De horizontale kruisdraad van het diaphragma moet loodrecht staan op de verticale as. Hierdoor wordt het niet noodzakelijk, steeds bij het kruispunt der draden af te lezen.

Van deze drie eischen is de eerste de voornaamste, *de hoofdeisch.*

De behandeling, welke het instrument moet ondergaan om aan de „voorwaarden van regeling" te voldoen, noemt men het *regelen* van het instrument. Dit regelen geschiedt bij verschillende instrumenten niet steeds in dezelfde volgorde, doch de wijze van regeling is afhankelijk van de inrichting der instrumenten.

Wij hebben in het voorgaande de volgende constructies van waterpasinstrumenten leeren kennen:

A. Vaste kijker, vast niveau; beide door den kijkerdrager vast verbonden aan de draaiings-as (fig. 30, 41 en 50*d*).

B. Vaste kijker, vast niveau, te zamen met den kijkerdrager verstelbaar ten opzichte der verticale as. — Kipschroef — (fig. 42, 43, 43*a*, 50*b* en 50*c*).

C. Draaibare en omlegbare kijker, vast niveau aan den kijkerdrager; kijkerdrager vast verbonden aan de draaiings-as (fig. 44 en 44*a*).

D. Draaibare en omlegbare kijker met aan den kijker bevestigde reversie-libel; kijkerdrager vast verbonden aan de draaiings-as (fig. 45).

E. Draaibare en omlegbare kijker, los niveau (ruiterniveau); kijkerdrager vast verbonden aan de draaiings-as (fig. 46 en 48).

F. Draaibare en omlegbare kijker, reversie-libel en micrometerschroef (fig. 47).

G. Vaste kijker met daaraan bevestigd niveau, te zamen verstelbaar ten opzichte der verticale as (fig. 49).

Wij zullen in het volgende de regeling dezer verschillende instrumenten afzonderlijk behandelen.

§ 50. **A.** Bij deze instrumenten moet eerst aan den tweeden eisch van regeling, n.l. dat de richtlijn van het niveau loodrecht moet staan op de verticale as, worden voldaan. Hierbij gaat men als volgt te werk

Men plaatst het instrument zoodanig, dat de draaiings-as op het oog zoo na mogelijk verticaal gesteld is; daarna draait men den kijker boven een der stelschroeven en brengt de bel tot inspelen. Hierna wordt de kijker 180° omgedraaid en moet de bel nog inspelen, zal aan den gestelden eisch voldaan zijn. Is dit niet het geval, dan wordt de helft van het verschil weggenomen met de stelschroef, de andere helft met de correctieschroefjes van de libel. De bewerking wordt herhaald, tot geene afwijking der libel, bij ronddraaiing van het instrument, meer wordt waargenomen. Dit onderzoek kan gevoeglijk binnenshuis geschieden, als men in de gelegenheid is, het instrument vrij van trillingen op te stellen.

Om te onderzoeken, of aan den eersten eisch van regeling is voldaan, n.l. of de vizierlijn van den kijker evenwijdig loopt met de richtlijn, wordt het instrument op het statief geplaatst en juist in het midden opgesteld tusschen twee, op piketten geplaatste baken, welker afstand ongeveer 100 M. zij. Leest men nu op de baken de hoogten af, dan geeft het

verschil tusschen die twee aflezingen het juiste hoogteverschil tusschen de bovenvlakken der beide piketten aan, omdat men dan, al is de vizierlijn niet evenwijdig met de richtlijn, op beide baken òf evenveel onder, òf evenveel boven de richtlijn afleest.

Stelt men nu het instrument op eene andere plaats, bijvoorbeeld achter één der baken op (dus niet in het midden), en leest men daarbij hetzelfde hoogteverschil af, dan is de vizierlijn evenwijdig met de richtlijn en is dus ook aan de eerste voorwaarde van regeling voldaan. Is er verschil, dan wordt *niet* aan den gestelden eisch voldaan en moet het

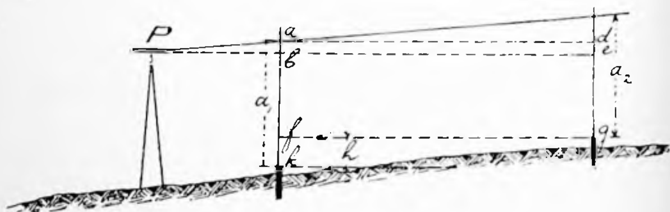


Fig. 51.

kruisdraden-diaphragma door middel van het onderste en van het bovenste correctieschroefje een weinig naar boven of naar beneden worden gebracht. In welken zin de verplaatsing moet geschieden, is af te leiden uit fig. 51. Uit de eerste opstelling, juist in het midden tusschen de baken, is het hoogteverschil *h* tusschen de piketten bekend. Leest men nu, bij de opstelling als in fig. 51, eerst af op de dichtstbijzijnde baak en vindt men hiervan eene aflezing *a*, dan zou, bij goede regeling van het instrument, op de andere baak moeten worden afgelezen de waarde $a_1—h$. Vindt men nu voor de aflezing op deze baak een waarde a_2, die zooals in ons geval grooter is dan $a_1—h$, dan wil dit zeggen, dat de vizierlijn naar boven helt, en moet men het kruispunt der draden een weinig omlaag brengen.

De kruisdraden moeten zooveel verplaatst worden, dat

men op de tweede baak afleest de waarde $g\,e$. Uit de figuur volgt nu, dat:

$$g\,e = a_2 - c\,e.$$

Uit de driehoeken $a\,c\,d$ en $P\,c\,e$, die gelijkvormig zijn, volgt nu onmiddellijk:

$$c\,e : c\,d = P\,e : a\,d.$$

$$c\,e = \frac{P\,e}{a\,d}\,c\,d.$$

Uit de figuur blijkt nu, dat $c\,d = a_2 + h - a_1 = a_2$ $(a_1 - h)$, d. w. z. $c\,d$ is het verschil tusschen de werkelijke aflezing a_2 op de tweede baak en de waarde $a_1 - h$, die men afgelezen zou hebben, wanneer het instrument goed geregeld was.

De waarde $\frac{P\,e}{a\,d}$ stelt verder voor de verhouding van den afstand tusschen de verste baak en het instrument tot den onderlingen afstand der beide baken.

Heeft men deze aflezing op de tweede baak verkregen, dan herhaalt men de bewerking nog eens, om te zien, of het instrument thans goed geregeld is.

Om te onderzoeken of de horizontale kruisdraad loodrecht staat op de verticale as (derde eisch van regeling), richt men den kijker op een punt, dat door den bedoelden draad gaat, en draait den kijker zoodanig, dat het punt de geheele lengte van den draad doorloopt. Heeft hierbij geene afwijking plaats, dan is de draad zuiver horizontaal. Bij eventueele afwijking moet dit verholpen worden door het diaphragma een weinig te verdraaien, door middel van de zijdelings aangebrachte correctieschroefjes.

Laatstgenoemde regeling geschiedt bij elk instrument met vasten kijker op overeenkomstige wijze.

§ 51. **B.** Bij de hierbedoelde instrumenten moet het eerst voldaan worden aan den hoofdeisch, op dezelfde wijze als in de vorige paragraaf is uiteengezet. Daarna worden richt- en vizierlijn te zamen loodrecht op de verticale as gesteld. Dit geschiedt door het instrument boven eene der stelschroeven te plaatsen en de libel tot inspelen te brengen; draait men deze daarna 180° om en speelt zij niet meer in, dan is aan

de tweede voorwaarde niet voldaan en moet het verschil vereffend worden voor de helft met de kipschroef en voor de andere helft met de stelschroef. De bewerking moet natuurlijk zoo lang herhaald worden, totdat de libel, bij ronddraaiing van den kijker, blijft inspelen.

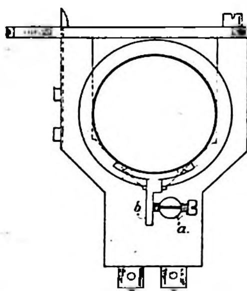


Fig. 52.

§ 52. C. De hierbedoelde instrumenten zijn, evenals de in sub *D* en *E* genoemde, vooral aan te bevelen voor nauwkeurige metingen. Zij bezitten een kijker, die met cylindrische tappen in driehoekige vorken rust (zie fig. 52). Van de plaatsing van het niveau is de methode van regeling afhankelijk.

Bij het onder *C* (§ 49) genoemde instrument moet het eerst worden voldaan aan de tweede voorwaarde van regeling, door gebruikmaking van de stelschroef aan den voet en de correctieschroef van het niveau.

De evenwijdigheid van richtlijn en vizierlijn wordt verkregen door beide afzonderlijk evenwijdig te brengen met de as der vorken, waarin de kijker rust.

Het onderzoek, of aan deze voorwaarde voor de vizierlijn voldaan wordt — het zoogenaamde *centreeren van den kijker* — heeft plaats door op een punt te richten en den kijker om eigen as 180° te draaien, waarbij men op het punt moet gericht blijven. Is dit niet het geval, dan geeft de afwijking het dubbele van de fout aan; die afwijking moet dus voor de helft met behulp van de correctieschroefjes van het diaphragma worden weggenomen.

Het onderzoek naar de evenwijdigheid der richtlijn met de as der tappen geschiedt door, bij inspelende bel, op de baak af te lezen; daarna wordt de kijker omgelegd, zonder hem evenwel om zijne as te draaien. (In beide gevallen moet dezelfde zijde van den kijker boven blijven.) Daarna leest men weder bij inspelende bel op dezelfde baak af. Verkrijgt

men daarbij niet dezelfde aflezing, dan is het verschil gelijk aan het dubbel van de fout en wordt voor de helft weggenomen door de schroef, welke op een der vorken werkt.

Om, bij instrumenten met draaibaren kijker, aan de derde voorwaarde van regeling te kunnen voldoen, zijn de vorken voorzien van een schroefje *a* (zie fig. 52), waartegen een aan den kijker geklonken stiftje *b* slaat. In den stand, waarin de kijker wordt gebruikt, moet het stiftje tegen het schroefje rusten, opdat de horizontale draad loodrecht op de vizierlijn sta. Eventueele correctie van dien draad wordt verkregen met het schroefje *a*.

§ 53. **D.** Bij deze soort van instrumenten worden eerst de richtlijn en de vizierlijn evenwijdig gebracht met de as der vorken. Dit geschiedt niet, zooals bij de sub C bedoelde, door omlegging, maar door omdraaiing van den kijker om zijne as, nadat de bel inspeelt, waarvan de helft der afwijking met behulp van de correctieschroefjes van de libel wordt weggenomen.

Het onderzoek naar den loodrechten stand tusschen richtlijn en draaiings-as heeft bij deze instrumenten niet plaats op de bekende wijze, doch met behulp van de schroeven, waardoor één der vorken verplaatst kan worden.

De twee richtlijnen, die eene reversie-libel heeft, moeten natuurlijk evenwijdig zijn; dit kan men onderzoeken door, nadat het niveau op de hiervoren beschreven wijze is geregeld, de evenwijdigheid van richtlijn en vorken-as te onderzoeken door omlegging van den kijker.

Bij den kijker met reversie-libel kan de fout in de evenwijdigheid van richtlijn en vizierlijn geëlimineerd worden door het hoogteverschil ten tweeden male te bepalen, door den kijker met daaraan verbonden niveau voor deze tweede meting om eigen as om te draaien. Van de twee aflezingen moet dan het gemiddelde worden genomen.

§ 54. **E.** Ook bij deze instrumenten moet het eerst aan de hoofdvoorwaarde voldaan worden. Dit geschiedt op de wijze als voor de sub C genoemde instrumenten is aangegeven, door omlegging of omdraaiing van den kijker.

Het onderzoek naar de tweede voorwaarde van regeling heeft plaats door de libel te doen inspelen met behulp van de eene stelschroef, waarboven de kijker is geplaatst. Daarna wordt het ruiterniveau omgezet. Speelt de libel dan niet meer in, zoo wordt de helft der afwijking weggenomen met de stelschroef, de andere helft met de op één der vorken werkende correctieschroefjes.

Ook bij deze instrumenten kan de fout der niet-evenwijdigheid van richt- en vizierlijn worden geëlimineerd door het hoogteverschil een tweeden keer te bepalen, nadat men den kijker om zijne as heeft omgedraaid en het niveau omgezet. Het gemiddelde der twee uitkomsten geeft dan het juiste hoogteverschil aan.

§ 55. **F.** Indien het kruisdraden-diaphragma niet verstelbaar is, zooals gewoonlijk bij zakwaterpasinstrumenten het geval is, kan de evenwijdigheid tusschen richt- en vizierlijn niet anders verkregen worden dan door verstellen der richtlijn door middel van de correctieschroefjes van de libel. Het onderzoek hiernaar geschiedt, evenals voor de tweede voorwaarde van regeling, op de wijze, als voor de sub *A* genoemde instrumenten is aangegeven. Voor het regelen der tweede voorwaarde wordt de schroef aan het uiteinde van den kijker-arm gebezigd.

Daar ten opzichte der derde voorwaarde bij deze eenvoudige instrumenten geene regeling mogelijk is, doet men goed, voor de aflezing steeds het draadgedeelte te bezigen, dat onmiddellijk naast den loodrechten kruisdraad is gelegen.

§ 56. **G.** Evenals bij de sub *D* genoemde instrumenten worden eerst richt- en vizierlijn evenwijdig gebracht met de as der vorken op de in § 53 beschreven wijze.

Bij het onderzoek naar den loodrechten stand der richtlijn op de draaiings-as maakt men gebruik van de micrometerschroef. Daartoe doet men de bel inspelen en leest men den stand der micrometerschroef af; vervolgens draait men den kijker 180° om, doet de bel wederom inspelen en leest ten tweeden male den stand der micrometerschroef af. Het gemiddelde van beide aflezingen geeft dan den stand aan, welken de micrometerschroef moet aanwijzen, opdat aan de gestelde voorwaarde voldaan zij.

Voor het overige wordt verwezen naar de beide laatste alinea's van § 53, die ook op dit instrument van toepassing zijn.

§ 57. **Aardkromming en straalbuiging.**

Door een vrijhangend schietlood wordt de richting der zwaartekracht aangegeven. Een in ieder punt rechthoekig op die richting staand vlak wordt genoemd een *waterpasvlak* of *niveauvlak*. Dat is dus het vlak, dat gevormd wordt door het bovenvlak van een stilstaand water.

Is de *horizontale afstand* tusschen twee punten (dat is de projectie van den afstand tusschen deze punten op een waterpasvlak) niet al te groot, dan kan men de waterpasse vlakken beschouwen als onderling evenwijdige platte vlakken.

Twee punten, in een zelfde waterpasvlak gelegen, worden *even hoog* genoemd.

Het hoogteverschil van twee punten, in verschillende niveauvlakken gelegen, wordt bepaald door den afstand van die twee vlakken, d.i. door den afstand van het eene punt tot het niveauvlak, waarin het andere gelegen is.

Bij een horizontalen afstand echter van eenige honderden meters is de bolvormigheid der aarde, de *aardkromming*, reeds duidelijk merkbaar, waarom men bij eenigszins uitgebreide waterpassingen met deze omstandigheid rekening moet houden, terwijl men bij nauwkeurigheidswaterpassingen de waarde van de, ten gevolge der aardkromming, gemaakte fout in cijfers moet kunnen uitdrukken, welke becijfering evenwel buiten ons bestek valt.

Volgens het voorgaande zijn de waterpasse vlakken van eenige uitgebreidheid te beschouwen als centrische boloppervlakken.

Bij eenigszins grooten afstand tusschen twee punten, waarvan het hoogteverschil bepaald moet worden, moet men nog met eene andere omstandigheid rekening houden, n.l. met de *straalbuiging*.

De van een lichtgevend punt uitgaande lichtstralen, welke zich in eene homogene middenstof voortbewegen, vormen, zooals bekend is, rechte lijnen. De lucht echter, welke de middenstof is, waardoor de lichtstralen ons oog bereiken, is niet homogeen, doch bestaat, zoo zij volkomen in evenwicht is, uit concentrische lagen, waarvan de dichtheid afneemt naarmate de hoogte, waarop zij gelegen zijn, grooter wordt.

Hierdoor komen de lichtstralen niet in rechte lijnen tot ons, doch in gebogen, welke in verticale vlakken gelegen zijn en waarvan de holle zijde naar de aarde is gekeerd. Door dit verschijnsel zijn schijnbaar alle voorwerpen hooger gelegen, dan in werkelijkheid het geval is.

De invloed der straalbuiging is verschillend en verandert, naarmate de dichtheid der lucht van de eene tot de andere laag grooter of kleiner is. Dit wordt teweeggebracht door verandering in de luchtdrukking of in de temperatuur.

Het bepalen van de grootte der, ten gevolge der straalbuiging, gemaakte fouten valt eveneens buiten het bestek van ons boekje.

Bij het *uitvoeren* eener waterpassing kan men evenwel de door aardkromming en straalbuiging te maken fouten geheel elimineeren, door het instrument juist in het midden tusschen de waar te nemen punten te plaatsen. In dit geval toch zijn de fouten bij beide aflezingen even groot en vallen dus tegen elkander weg.

§ 58. **Het Abney-waterpas.** Van de zeer kleine, handige instrumentjes voor het meten van hoogten, bijv. van gebouwen, torens, boomen enz., willen wij er volledigheidshalve een paar beschrijven.

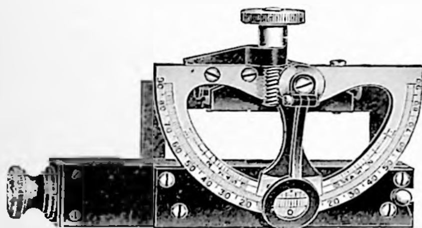


Fig. 52*a*.

Het instrument fig. 52*a* bestaat uit een oogbuis, welke voorzien is van uithalen en waarin zich een kruisdraad bevindt; zijdelings van de oogbuis is een gradenboog met nonius aangebracht, welke voorzien is van eene verstelbare loupe voor de nauwkeurige aflezing. Op dezen gradenboog bevindt zich behalve de gewone gradenverdeeling nog eene andere indeeling, welke voor de hoogte-bepaling bestemd is.

Ter zijde van den gradenboog, boven de oogbuis, is een kleine

libel aangebracht, welke door draaiing van een rondsel versteld kan worden en waarmede de nonius van den gradenboog vast verbonden is, zoodat deze zich met de libel beweegt. Wanneer de hoogte van een voorwerp moet worden gevonden, is het noodig, den afstand te weten, op welken men zich daarvan bevindt. Neme men aan, dat deze 50 meter bedraagt. Men ziet van af deze plaats door de uitgetrokken oogbuis naar het voorwerp, zoodat het gewenschte punt samenvalt met het door de kruisdraden aangegeven midden der oogbuis. Het instrumentje in dien stand houdende, brengt men de libel tot inspelen door draaien aan het rondsel; daar de luchtbel door middel van een aangebracht spiegeltje eveneens *in de oogbuis* kan worden waargenomen (z.g. reflectielibel), is het dus niet moeilijk, onder het draaien te constateeren, wanneer het midden der luchtblaas nauwkeurig samenvalt met het geviseerde punt en het midden der oogbuis. Men leze na deze bewerking langs den zijkant van den nonius op de binnenste verdeeling af en deele den afstand, waarop men zich bevindt, door het verkregen getal. Is dit b.v. 5, dan is de hoogte van het aldus geviseerde punt 50 : 5 = 10 meter. Voor hoogtemetingen kan men zich dus op een willekeurig punt plaatsen, doch is het noodig, dat de horizontale afstand van het voorwerp bekend zij. Is het alleen noodig, de grootte van een hoek te bepalen, dan kan men deze, na het instrumentje te hebben ingesteld als aangegeven, met behulp van den nonius direct op de graadverdeeling aflezen. De handleiding, die men bij aankoop van het Abney-waterpas ontvangt, bevat eene tabel, vermeldende de waarden der stijging of daling per meter voor diverse hoeken.

Moet het instrumentje voor een bepaalde helling of stijging worden gebruikt, dan zoekt men op de tabel het aantal graden en stelt den nonius op den verlangden hoek in. Men ziet door de oogbuis en brengt het midden daarvan tot samenvallen met het midden der luchtblaas, waarop een tweede persoon het aldus verkregen punt door een meetvoorwerp markeert. Natuurlijk kan het ook gebruikt worden, om voorwerpen nauwkeurig in een bepaalden schuinen stand of waterpas te plaatsen. Men stelt het Abney-waterpas op den verlangden hoek in en plaatst het op het voorwerp

waarna men dit aan één zijde zooveel doet dalen of rijzen, tot de libel inspeelt. In een dergelijk geval verricht het dus de diensten van één gewoon en van een helling-waterpas.

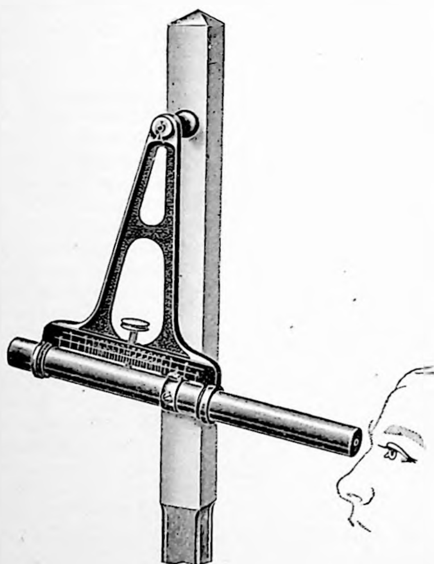


Fig. 52*b*.

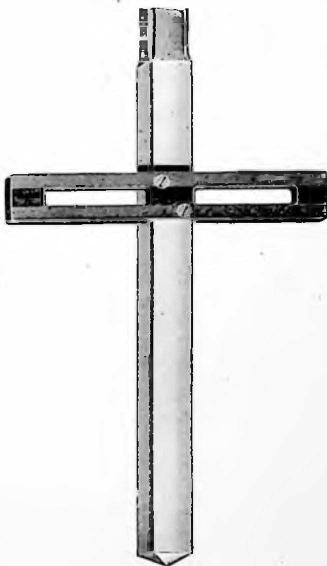
Om het instrumentje ook geschikt te maken voor het uitzetten van horizontale hoeken wordt het eveneens met boussole geleverd. Het geheel rust dan op een ronde plaat en beweegt zich om een centrum; op de boussole kunnen dus met behulp der naald de hoeken worden afgelezen. De instrumentjes met kompas zijn tevens voorzien van eene inrichting om ze op een stok of statief te kunnen gebruiken.

§ 58*a*. **Road-tracer.** Fig. 52*b* vertoont een instrument, bestemd voor het snel uitzetten en meten van bepaalde hellingen enz., en wordt vooral bij den aanleg van wegen veelvuldig gebruikt. Het is geheel van geel koper vervaardigd en wordt vrijzwevend gebruikt, waarvoor stok met ophangpunt wordt bijgeleverd.

Zooals de afbeelding doet zien, bestaat het toestel uit een uitgewerkten arm, op welks benedengedeelte de verdeelstrepen, aangevende de verschillende hellingen, op zilver zijn aangebracht.

In de beide ringen aan de onderzijde van den arm is de zware vizierbuis verschuifbaar aangebracht; deze is voorzien van een wijzer, dien men op de betreffende verdeelstreep instelt, en wordt door het aandraaien der schroef, welke door het ondergedeelte van den arm op de vizierbuis werkt, vastgeklemd.

De vizierbuis heeft aan de eene zijde een kleine oogopening, terwijl zich aan de andere zijde een grootere opening bevindt, welke is voorzien van een horizontalen draad. Wanneer de wijzer der vizierbuis op de nulstreep der verdeeling is gesteld, is de vizierlijn horizontaal. Stelt men den wijzer op de andere verdeelstrepen in, dan verandert de stand van het instrument en verkrijgt de vizierlijn eene schuine richting, welke klimmend of dalend is, naarmate de instelling links of rechts van het nulpunt heeft plaats gevonden. De verdeeling is n.l. dubbel, zoodat zoowel stijgingen als dalingen kunnen worden uitgezet en gemeten.


Fig. 52c.

Het instrument is geschikt voor hellingen van 1 Meter op 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 24, 30, 40, 60 en 120 Meter.

Het toestel wordt gebruikt in combinatie met een soort baak (fig. 52c), waarop duidelijk een richtstreep is aangebracht, welke zich op dezelfde hoogte boven den grond bevindt als de vizierlijn der buis, en daarmede samenvalt, wanneer de verlangde helling is verkregen.

HOOFDSTUK VI.

HET UITVOEREN VAN EENE WATERPASSING.

§ 59. **Waterpassen uit het midden.** Zooals wij uit het voorgaande hebben gezien, kleven aan elk instrument min of meer kleine gebreken, die van invloed kunnen zijn op de uitkomst eener waterpassing, terwijl ook ongeoefendheid van den waarnemer aanleiding kan worden tot min nauwkeurige uitkomsten. Het is daarom van veel belang, dat men bij het doen van eene eenigszins uitgestrekte waterpassing eene methode van werken kieze, waarbij eventueele fouten

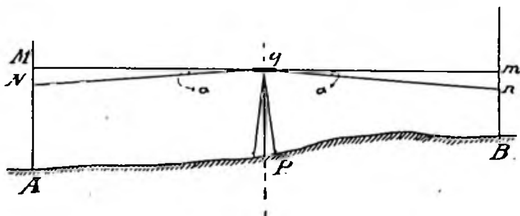


Fig. 53.

zooveel mogelijk worden geëlimineerd. Het zoogenaamde *waterpassen uit het midden* verdient daarom in vele gevallen de voorkeur, daar hierdoor, zooals wij reeds opmerkten, ook tevens de invloeden van aardkromming en straalbuiging worden opgeheven.

Onder „waterpassen uit het midden" verstaat men, dat het instrument bij elke verplaatsing in het midden tusschen de beide baken wordt geplaatst. Mogelijke foutjes in de regeling worden hierdoor mede geëlimineerd, 't geen nader

blijkt uit fig. 53. In deze figuur stellen A en B baken voor en is het punt P, waarboven de as van het instrument zich bevindt, juist in het midden van A B gelegen. Onderstellende, bij inspelende bel, dat de vizierlijn van den kijker niet juist waterpas is (door geringe ontregeling van het instrument), doch onder een hoek α helt, naar boven of naar beneden, dan zal de vizierlijn gericht zijn bijv. op het punt N der baak A, zoodat de hoogtefout N M wordt gemaakt. Bij het aflezen op de baak B — nadat de bel weder tot inspelen is gebracht — wordt de hoogtefout n m gemaakt, doch

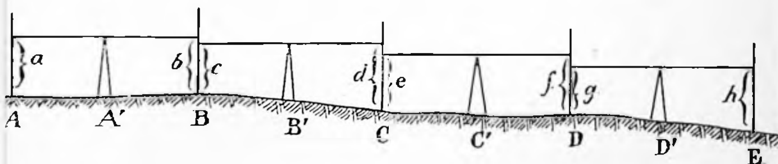


Fig. 53a.

daar de driehoeken M N q en m n q gelijk en gelijkvormig zijn, heeft men M $N = m$ n, waaruit volgt, dat de gemaakte fout geen invloed op den uitslag der waterpassing kan hebben.

Eene angstige nauwkeurigheid bij het gelijkmaken der afstanden is onnoodig. Meestal is afpassen voldoende, tenzij het instrument sterk ontregeld is.

Wij veronderstellen nu, dat gevraagd wordt het hoogteverschil tusschen twee punten A en E (fig. 53*a*) te bepalen. Men doet dit door eene *aaneengeschakelde* of *doorgaande* waterpassing. Daartoe beginnen we van A af gelijke afstanden van bijv. 50 M. uit te meten en plaatsen bij deze punten A', B, B', C enz. houten piketten stevig in den grond en ongeveer gelijk met het bovenvlak van den bodem, opdat ze niet beschadigd kunnen worden. Is het niet bepaald noodzakelijk, de gewaterpaste punten te behouden, dan kan men gebruik maken van ijzeren piketten met ring en ronden kop, welke na aflezing van een slag worden wegge-

nomen, om voor een volgenden slag dienst te doen.

Wij stellen, na de inmeting, het instrument bijv. boven piket A^1 op en laten op de piketten A en B baken houden. Er moet vooral op gelet worden, dat de baakhouders de baken tijdens het aflezen te lood en zoo onbeweeglijk mogelijk vasthouden, hetgeen de waarnemer gemakkelijk kan controleeren, door langs den loodrechten draad te zien. Wij noemen onze baak op B de *voorbaak* en die op A de *achterbaak*, en noteeren nu onze aflezing aldus:

piket A, achterbaak: aflezing $= a$.
piket B, voorbaak: aflezing $= b$.

Na ons, na aflezing, deugdelijk te hebben overtuigd, dat de bel nog inspeelde, nemen wij het instrument op en plaatsen het boven piket B^1, terwijl wij den baakhouder van A zijn baak laten plaatsen op piket C en de baak op B laten omdraaien.

Na aflezing noteeren wij:

piket B, achterbaak: aflezing $= c$.
piket C, voorbaak: aflezing $= d$.

Zoo maken wij achtereenvolgens de volgende notities:

piket C, achterbaak: aflezing $= e$.
piket D, voorbaak: aflezing $= f$.
piket D, achterbaak: aflezing $= g$.
piket E, voorbaak: aflezing $= h$.

Uit de figuur blijkt nu ten duidelijkste, dat onze vizierlijn, die zich op a meters boven het piket A bevond,

op standpunt B^1, $b-c$ Meter,
" " C^1, $d-e$ "
" " D^1, $f-g$ "

is *gedaald*, zoodat wij voor de hoogte van de vizierlijn tusschen de piketten D en E vinden:

$$a - [(b-c) + (d-e) + (f-g)].$$

De hoogte van het piket E, ten opzichte van de hoogte van piket A, wordt dus bepaald, door de zooeven gevonden hoogte der vizierlijn te verminderen met de aflezing h op E, achterbaak; dus:

$$A - E = a - [b - c + d - e + f - g] - h \text{ of}$$
$$A - E = a - b + c - d + e - f + g - h.$$

In deze vergelijking staan de aflezingen op de voorbaken alle met negatief-, die op de achterbaken met positief teeken.

Hieruit is de gevolgtrekking te maken, dat het gevraagde

hoogteverschil onmiddellijk wordt gevonden, door de som der aflezingen op de achterbaken te verminderen met de som der aflezingen op de voorbaken.

In figuur 53*a* is aangenomen, dat de vizierlijn voortdurend daalde. Zij kan natuurlijk ook voortdurend klimmen of wel soms dalen, soms klimmen. De berekening blijft volkomen dezelfde, als men slechts zorg draagt, de klimmingen als negatieve dalingen te beschouwen en dus met het *min*-teeken in rekening te brengen. In fig. 53*b* vindt men bijv. voor het hoogteverschil tusschen A en E: $a + (c - b) - (d - e) + (g - f) - h = a \; [(b - c) + (d - e) - (f - g)] - h$.

Behalve van de hoofdpiketten voor de doorgaande water-

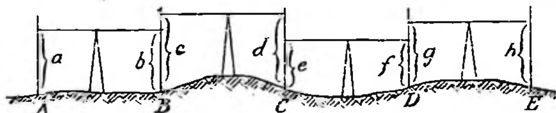


Fig. 53*b*.

passing is het dikwijls ook noodig, de hoogten te kennen van andere punten (tusschenpunten).

Op de hoofdpiketten moeten de aflezingen tot in millimeters geschieden. Voor de tusschenpunten is het in den regel voldoende, tot in centimeters af te lezen. Bij eenigszins belangrijke waterpassingen is het gewenscht, de aflezingen op daartoe vooraf vervaardigde staten in te schrijven.

Een voorbeeld van zoodanigen staat geven wij hierachter. Wij hebben daarbij verondersteld, dat onze te waterpassen richting is ingemeten op stukken van telkens 25 M.

Van het uitgangspunt (het *nulpunt*) is de hoogte bekend. Het eerste piket op 100 M. uit het nulpunt noemen wij Piket 1 en zoo vervolgens *P*. 2, *P*. 3, *P*. 4, enz. De piketten op afstanden van respectievelijk 25, 50 en 75 M. uit een voorgaand piket heeten tusschenpunten en noemen wij + 25, + 50 en + 75. Waar dus gesproken wordt van bijv. *P*. 6 + 75, wordt bedoeld het punt, dat 675 M. van het nulpunt is verwijderd (zie fig. 54).

Wil men ook de hoogte van de piketten + 50 kennen, zoo kunnen deze niet op eene baak worden afgelezen, omdat

het instrument boven die piketten staat. De hoogte der vizierlijn boven het kopvlak van het piket wordt daarom met den duimstok gemeten.

Om de werkzaamheden tusschen de twee baakhouders

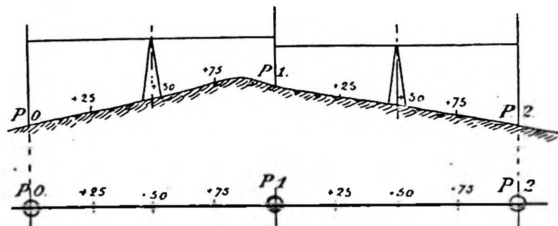


Fig. 54.

doelmatig te verdeelen, laat men den eersten baakhouder van P. 0 zich achtereenvolgens verplaatsen naar de punten 0 + 25 en 0 + 75; daarna plaatst hij zich op P. 2 en moet de tweede baakhouder van P. 1 zich achtereenvolgens plaatsen op P. 1 + 25, P. 1 + 75, en zoo vervolgens.

De uitkomsten van de *aaneengeschakelde* waterpassing zijn nu vermeld in den volgenden staat:

Waterpassing op 23 Augustus 1903 van Piket 0 naar Piket 4.

Standplaats Instrument.	Afstand in M.	Nummer Piket	Achterbaak.	Tusschenpunt.	Voorbaak.	Daling (der vizierlijn)	Klimming (der vizierlijn)	Hoogte der vizierlijn.	Peil (+ A.P.)	Opmerkingen.
		P . 0	1.263					4.663	3.400	Peilmerk aan den noordwestelijken vleugel van de brug over de
	25	+ 25		1.240				"	3.423	
+ 50	25	+ 50		1.220				"	3.443	....
	25	+ 75		1.210				"	3.453	te ....
	25	P . 1			1.205		0.201	4.663	3.458	
		P . 1	1.406					4.864		
	25	+ 25		1.400				"		
+ 50	25	+ 50		1.380				"		
	25	+ 75		1.360				"		
	25	P . 2			1.301		0.302	4.864	3.563	
		P . 2	1.603					5.166		
	25	+ 25		1.680				"		
+ 50	25	+ 50		1.800				"		
	25	+ 75		1.900				"		
	25	P . 3			2.101	0.505		5.166	3.065	
		P . 3	1.596					4.661		
	25	+ 25		1.320				"		
+ 50	25	+ 50		1.210				"		
	25	+ 75		1.100				"		
	25	P . 4			1.006			4.661	3.655	
		Totaal	5.868	Totaal	5.613	0.505	0.053			

Totale daling 0.505
„ klimming 0.503
of daling = 0.002 M.

De kolommen „daling" en „klimming" dienen ter contrôle op de uitkomst. In onzen staat vonden we, dat de vizierlijn, van *P*.0 naar *P*.4 gaande, 2 mM. was gedaald. Onze berekening in de kolom „Hoogte der virzierlijn" geeft een verschil van 4.663 — 4.661 = **0.002** M., waaruit blijkt, dat de becijfering juist is.

Eene directe controle op de verkregen peilhoogten heeft men, door de som der aflezingen in kolom „achterbaak" van die in kolom „voorbaak" af te trekken. In ons geval

heeft men: achterbaak = 5.868	terwijl Peil P. 0 = 3.400
voorbaak = 5.613	Peil P. 4 = 3.655
rijzing 0.255	rijzing 0.255

In den regel is het gewenscht, de peilen der hoofdpiketten reeds op het veld onder den arbeid te berekenen en van tijd tot tijd de vizierlijnhoogte te controleeren met de cijfers van klimming en daling, daar men anders gevaar loopt, door een enkel begaan foutje de geheele waterpassing te moeten overmaken.

Het berekenen van de peilhoogte der tusschenpunten kan gevoeglijk op het bureau geschieden.

Om fouten in de doorgaande waterpassing te voorkomen, is het raadzaam, de waterpassing over de hoofdpiketten een tweede maal te herhalen. Ook kan men — wat vlugger is — voor de hoofdpiketten de baken opnieuw aflezen na eene nieuwe opstelling van het instrument.

§ 60. **Waterpassen niet uit het midden.** Door de plaatselijke gesteldheid van het terrein is men niet altijd in staat, het beginsel van het „uit het midden waterpassen" streng door te voeren. Weliswaar kunnen bij een goed geregeld instrument de fouten niet van beteekenis worden geacht, doch indien men genoodzaakt is, bij eene belangrijke waterpassing het instrument veelvuldig uit het midden te plaatsen, moet men er op bedacht zijn, eene methode te volgen, waarbij de te maken fouten worden opgeheven.

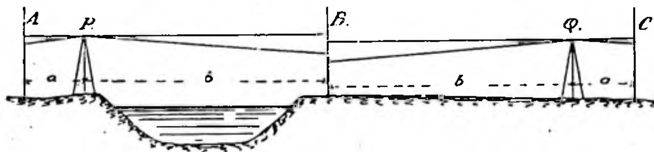


Fig. 55.

Is men b.v. door een rivier of kanaal genoodzaakt, het instrument te plaatsen op 20 M. (*A P* fig. 55) uit baak *A*, en plaatst men baak *B* op 80 M. uit het punt *P*, dan kan men de fout elimineeren door den volgenden slag (*B Q*) ook 80 M. en den daaropvolgenden (*Q C*) wederom 20 M. te nemen. Het zal den lezer gemakkelijk vallen, te bewijzen, dat, evenals in fig. 53, de fouten werkelijk geëlimineerd worden.

§ 61. **Wenken voor eerstbeginnenden.** Het aflezen en het schatten der onderdeelen van centimeters op de baak vereischt eenige geoefendheid.

Men wage zich dan ook niet aan het uitvoeren van een waterpassing, vóór en aleer men deze geoefendheid in voldoende mate bezit.

Wij geven den eerstbeginnenden de volgende wenken:

a. Druk de pooten van het instrument stevig in den grond.

b. Zorg, dat uw instrument goed geregeld is, en verifieer dit nu en dan, vooral, als het een stoot gehad heeft door onvoorzichtigheid; gij bespaart u daardoor veel tijd, moeite en teleurstelling.

c. Bij het opnemen van het instrument moeten de schroeven van het statief goed worden losgedraaìd. Nadat het weder geplaatst is en vóórdat men aan het inspelen der libel gaat, moeten ze stevig worden aangedraaid.

d. Zorg, dat de stelschroeven goed, maar niet te los loopen; smeer ze zoo noodig met potlood of een weinig olie; maak ze na gebruik steeds schoon en droog. Zorg, dat ze ongeveer op het midden der schroefhoogte in de moer zitten, anders komt er klemming en slijten de schroeven snel. Daarom moet men opletten, dat bij het plaatsen van het statief de kop nagenoeg waterpas is (zichten over den horizon naar twee kanten).

e. Knijp nooit een uwer oogen dicht, doch houd beide flink open, terwijl gij met het eene door den kijker ziet. Hierdoor zullen uwe oogen veel minder vermoeid worden.

f. Tracht u de gewoonte eigen te maken, steeds langs de bovenzijde van den horizontalen draad te zien.

Kijkt men bij de eene aflezing er boven en bij de andere er onder, dan heeft dit ongetwijfeld eenigen invloed op de nauwkeurigheid der waarnemingen. De draad toch heeft altijd eenige

dikte en bij groote slagen kan men opmerken, dat die draad schijnbaar een niet gering gedeelte van een centimeter bedekt.

g. Neem dadelijk achter uw instrument eene zoodanige plaats in, dat gij u zoo weinig mogelijk behoeft te verplaatsen of te bewegen. Er is altijd eenige dreuning in den grond, die bij gevoelige libellen dadelijk merkbaar is.

h. Let vooral goed op, dat ge niet aan de pooten van het statief stoot.

j. Draai nooit de klemschroef te stijf aan. Gij moet dan te veel kracht aanwenden bij het losschroeven en brengt daardoor eene nadeelige beweging van het instrument teweeg.

k. De zon mag nooit in den kijker schijnen. Gebruik daarom steeds den bij den kijker aanwezigen zonnedop; gebruik desnoods een zonnescherm.

l. Maak steeds uw instrument met zorg droog, alvorens het op te bergen.

m. Behandel uw baken zorgvuldig en zorg, dat de voet schoon is.

DERDE AFDEELING.

Nauwkeurige hoekmeetinstrumenten.

HOOFDSTUK VII.

ONDERDEELEN VAN HOEKMEETINSTRUMENTEN.

§ 62. **Algemeene opmerkingen.** De nauwkeurige hoekmeetinstrumenten bevatten meestal enkele instrumentdeelen, die in hoofdzaak voor elk instrument hetzelfde zijn of althans op hetzelfde beginsel berusten. Deze deelen zijn : *cirkelrand, alhidade, nonius, loupen* en *vizierinrichting*.

Ten einde niet in noodelooze herhalingen te vervallen, beginnen wij met van elk dezer onderdeelen een afzonderlijke beschrijving te geven.

§ 63. **Cirkelrand.** Alle hoekmeetinstrumenten hebben minstens één *cirkelrand*. Deze is in graden en onderdeelen van graden verdeeld en dient om er den te meten hoek op af te lezen.

De deelstrepen zijn onmiddellijk op den metalen rand aangebracht of op een daarin ingelegden zilveren- of platina-reep, *limbus* genaamd.

De hier te lande en in Nederlandsch-Indië meest gebruikelijke graadverdeeling is de *sexagesimale*. Hierbij wordt de cirkelomtrek verdeeld in 360 graden, de graad in 60 minuten en de minuut in 60 seconden. Graden, minuten en seconden worden respectievelijk aangegeven door de teekens °, ′, ″.

De *centesimale* verdeeling, welke o. a. in Frankrijk en thans ook bij de instrumenten voor den aanleg der koloniale spoorwegen in Suriname in gebruik is, verdeelt den cirkelomtrek in 400 graden, den graad in 100 minuten en de minuut in

100 seconden. De hiervoren genoemde teekens zijn bij deze graadverdeeling niet in gebruik. Minuten en seconden worden als decimalen van de graden geschreven. De graad wordt gewoonlijk aangeduid door de letter *g*.

De onderverdeeling van graden op den cirkelrand strekt zich meestal uit tot 6ᵉ deelen; bij zeer fijne instrumenten hoogstens tot 12ᵉ deelen.

Bij *horizontale cirkelranden*, welke tot het meten van horizontale hoeken dienen, loopt de verdeeling bij de meeste instrumenten van 0° tot 360° — respectievelijk van 0 *g* tot 400 *g* — in de richting, waarin zich de wijzers van een uurwerk bewegen. Sommige boussoles hebben echter eene verdeeling van 0° tot 180° in twee richtingen.

Bij *verticale cirkelranden* — dienende voor het meten van verticale hoeken — treft men eene verdeeling aan, uitgaande van twee diametraal tegenover elkander liggende punten, in twee richtingen van 0° tot 90° verdeeld. Ook vindt men bij deze cirkelranden wel eene verdeeling van uit vorenbedoelde punten van 0°—180° of eene, welke doorloopt van 0°—360°, of van 0 *g* tot 400 *g*, in tegengestelden zin der richting, welke de wijzers van een uurwerk doorloopen.

De graden zijn bij beide cirkelranden om de 5 of 10 met lange deelstrepen gemerkt en door een getal aangeduid. De overige deelstrepen verschillen bij tientallen, vijftallen en eenheden onderling van lengte om het aflezen gemakkelijker te maken.

§ 64. **Alhidade.** Om een hoek te kunnen meten, moet deze door een *wijzer* of *alhidade* worden doorloopen. De alhidade moet dus tegenover den cirkelrand beweegbaar zijn en daarlangs glijden. Bij sommige instrumenten is de cirkelrand vast en draait de alhidade om de as daarvan, bij andere weder is de alhidade vast en draait de cirkelrand.

Om den hoek, welken de alhidade heeft doorloopen, te kunnen aflezen, is deze voorzien van een *index* (dat is eene enkele deelstreep), een *nonius*, eene *afleesloupe* of een *micrometrischen microscoop*.

Wordt de stand van den index ten opzichte van de graadverdeeling op den rand in twee opvolgende standen afgelezen,

dan wordt de, door de alhidade doorloopen, hoek gevonden door aftrekking van de beide aflezingen.

Bij bijna alle instrumenten, waarbij geene afleesloupe of micrometrische microscoop aanwezig is, wordt de aflezing door gewone *loupen* vergemakkelijkt.

§ 65. **Nonius.** De *nonius* — waarvan het idee in 1492 werd gevonden door den Portugees Pedro Nunez (Petrus Nonius) — werd het eerst (ongeveer 1631) practisch aangewend door den Nederlander Peter Werner. Hij stelt ons in staat, de

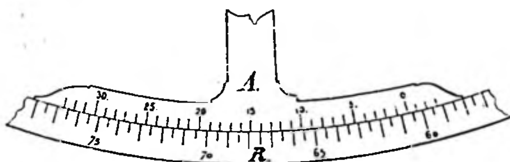


Fig. 56.

aflezingen op den rand tot in onderdeelen der verdeeling scherp te verrichten, wat niet het geval is bij eene indexstreep, waarbij de afstand ten opzichte van eene voorgaande deelstreep geschat moet worden.

In fig. 56 stelt R een in halve graden verdeelden cirkelrand voor, terwijl op de alhidade (A) een nonius is aangebracht.

Het beginsel van den nonius berust hierop, dat de begin- en de eindstreep op den nonius kunnen samenvallen met twee deelstrepen op den rand. De afstand tusschen deze begin- en eindstreep op den nonius wordt evenwel in één deel meer verdeeld, dan het overeenkomstige aantal deelstrepen op den rand.

Een noniusdeel is dus iets kleiner dan een randdeel. In onze figuur komen 29 randdeelen overeen met 30 noniusdeelen.

Stellen we het aantal noniusdeelen $= n$, dan is het daarmede overeenkomstige aantal randdeelen $= n - 1$. Is nu de

grootte van een randdeel = a minuten, dan is een noniusdeel dus $= \frac{n-1}{n} a$ of $= a - \frac{a}{n}$ minuten. We kunnen dus zeggen: *het verschil tusschen een randdeel en een noniusdeel, in minuten uitgedrukt, is gelijk aan het aantal minuten van een randdeel, gedeeld door het getal, dat aangeeft het aantal deelen van den nonius, 't welk gelegen is tusschen twee deelstrepen, welke met twee randstrepen tegelijkertijd volkomen samenvallen.*

In het geval van onze figuur is dus het verschil $\frac{30'}{30} = 1'$. Onze nonius leest dus *in minuten* nauwkeurig af.

Om nu de aflezing te verrichten, gaan wij na, tusschen welke randdeelstrepen het nulpunt (de indexstreep) van den nonius is gelegen. In fig. 56 is dat tusschen 60° 30′ en 61°. Nu zoeken we de deelstreep op den nonius, die geheel of het nauwkeurigst samenvalt met eene deelstreep op den rand. In onze figuur is dit de 13e deelstreep. Onze aflezing is nu 60° 30′ + 13 × 1′ = 60° 43′. Een en ander is gemakkelijk te verklaren, indien wij van de 13e deelstreep af op den nonius het verschil nagaan; tusschen de 12e noniusstreep en de naastliggende randstreep is het verschil 1′; tusschen de 11e noniusstreep en de naastliggende randstreep is het verschil 2′. Zoo voortgaande, zien wij, dat bij de indexstreep het verschil juist 13′ is.

Komen 15 deelen van den nonius met 14 van den rand overeen, en is de rand in halve graden verdeeld, dan leest de nonius dus af in $\frac{30'}{15} = 2'$. Een zoodanige nonius is voorgesteld in fig. 57. Het aantal deelstrepen, dat bij aflezing geteld moet worden tusschen het nulpunt en de deelstreep, welke met eene randstreep samenvalt, moet hierbij natuurlijk met 2′ vermenigvuldigd worden. Om deze vermenigvuldiging echter te ontgaan, is deze direct op den nonius uitgevoerd, door om de 5 deelstrepen achtereenvolgens het cijfer (2 × 5 =) *10*, (2 × 10 =) *20* enz. te plaatsen. In onze figuur staat de nonius (d.w.z. de indexstreep van den nonius) op 12° 18′.

Is de cirkelrand links en rechts van uit twee nulpunten verdeeld van 0° tot 90°, dan behoeft men voor de aflezing een *dubbelen nonius*, d.i. een nonius, waarbij de verdeeling aan weerszijden van den index is voortgezet. Men maakt

hierbij, naar omstandigheden, van den linkschen of rechtschen nonius gebruik.

Op te merken valt, dat, in tegenstelling met den hiervoren genoemden *gelijkloopenden* nonius, ook *terugloopende* noniën worden aangetroffen, waarbij n noniusdeelen gelijk zijn aan $n + 1$ randdeelen, en waarbij de waarde van een noniusdeel dus is $a + \frac{a}{n}$. De indeeling van zulk een nonius loopt tegen de verdeelrichting van den rand in. Het gebruik is als van den gelijkloopenden nonius.

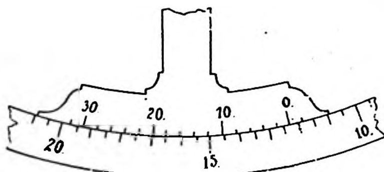


Fig. 57.

§ 66. Bij het aflezen met den nonius moet men steeds het oog zoo na mogelijk in het vlak houden, dat, loodrecht staande op het vlak van den cirkelrand, door het punt gaat, waarin de samenvalling van eene noniusstreep met eene randstreep plaats heeft, ten einde den schadelijken invloed van *parallax* te ontgaan.

Het vlak van den cirkelrand en het vlak, waarop de nonius is aangebracht, zullen n.l. in vele gevallen niet volkomen in één plat vlak liggen; de nonius-deelstrepen liggen daardoor iets lager of iets hooger dan de randdeelstrepen. Ziet men nu van ter zijde naar de noniusstreep en niet juist recht van boven, dan treft die streep schijnbaar den rand op een punt iets naderbij of verderop gelegen dan de randstreep, welke inderdaad in het verlengde van de noniusstreep ligt. Dit is dus een optreden van parallax, die te vermijden is door steeds met het oog te zien in loodrechte richting op den cirkelrand en den nonius na te gaan met verplaatsing van het oog.

Is boven den nonius eene loupe aangebracht, dan moet de as daarvan zijn gelegen in een vlak loodrecht op den cirkelrand, terwijl de samenvallende deelstrepen moeten worden opgezocht, door het midden van het gezichtsveld steeds recht

boven de beschouwde deelstrepen te plaatsen. Vóór men tot de aflezing overgaat, overtuige men zich eerst, of de twee naastliggende deelstrepen aan weerszijden van de samenvallende streep op den nonius, even ver af staan van de correspondeerende randstrepen. Is dit inderdaad het geval, dan kan men veilig aannemen, dat de middenstreep samenvalt.

§ 67. **Loupen.** Bij sommige meetinstrumenten wordt voor het aflezen van randverdeelingen als hulpmiddel eene *losse loupe* gebruikt. Deze bestaat in den regel uit een biconvexe lens, gevat in een zwarthoornen kokertje.

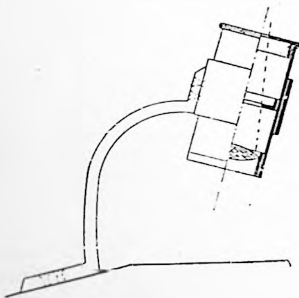


Fig. 58.

De meeste hoekmeetinstrumenten zijn evenwel voorzien van eene *vaste loupe*, als voorgesteld in figuur 58 of als in fig. 59. Bij de eerste constructie is eene biconvexe lens met korten brandpunts-afstand toegepast. De oogdop is van een klein rond gaatje voorzien. In het midden der loupe is een diaphragma aangebracht om de sterk gekleurde randstralen op te vangen.

De constructie van fig. 59 bestaat uit twee planconvexe lenzen, welke met de bolle zijden naar elkander zijn gekeerd (Ramsden-oculair). Hierdoor verkrijgt men een zeer sterke vergrooting van de randverdeeling.

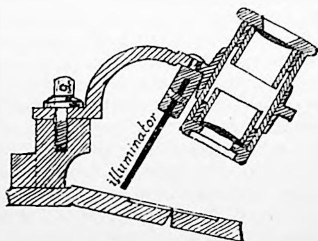


Fig. 59.

Bij beide constructies is het binnenvlak van het

kokertje zwart gemaakt, om weerkaatsing der lichtstralen te voorkomen. De kokertjes zijn gevat in een ring, waarin zij verschuifbaar zijn en die verbonden is aan een aan den cirkelrand of aan de alhidade bevestigden arm. Deze arm moet scharnierend zijn, om met de loupe den nonius na te kunnen loopen. De

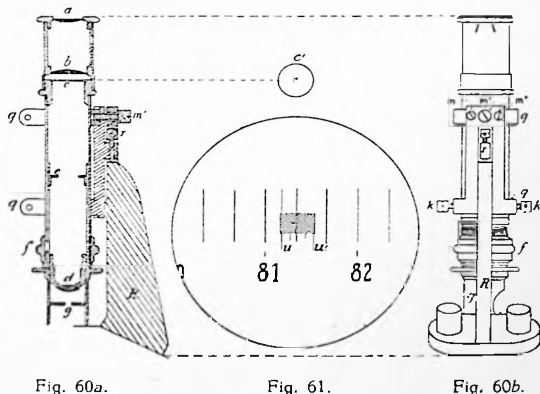


Fig. 60*a*. Fig. 61. Fig. 60*b*.

in fig. 59 voorgestelde loupe of *microscoop* is bovendien voorzien van een glazen *reflector* of *illuminator*, om het licht terug te kaatsen en daardoor den rand meer te verlichten.

§ 68. **Afleesmicroscoop.** Veel sneller en nauwkeuriger dan met een nonius kan men aflezingen verrichten met een *afleesmicroscoop*, op $^1/_2$ der ware grootte in doorsnede en achteraanzicht voorgesteld in de fig. 60*a* en 60*b*.

Deze microscoop bestaat uit een objectief *d* en een oculair *a b*. Het objectief, met zeer kleinen brandpunts-afstand, is zoo geplaatst, dat het voorwerp de (verdeelde cirkelrand) zich even vóór het brandpunt bevindt. Hierdoor wordt het door het objectief gevormde beeld op grooten afstand achter het objectief gevormd.

Daar de microscoop op geringen afstand van den cirkelrand

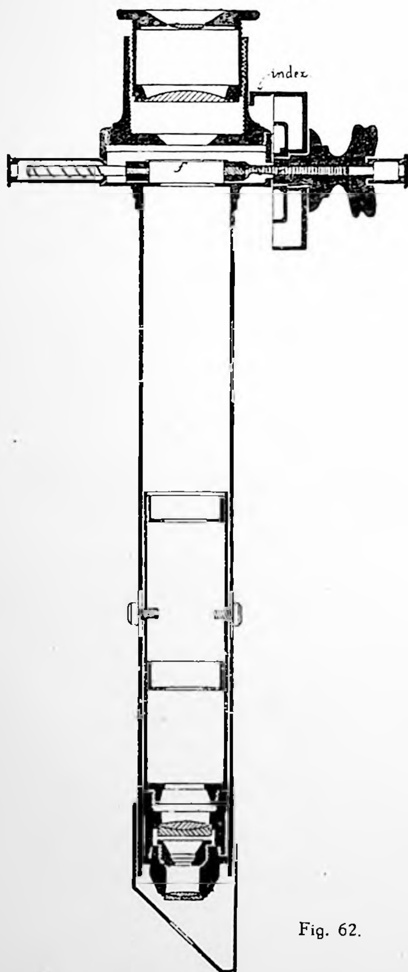


Fig. 62.

is geplaatst, wordt de scherpte van het beeld verkregen, door den geheelen microscoop ten opzichte van den verdeelden rand te verplaatsen. Om de vergrooting sterker te maken, moet de microscoop langer gemaakt worden, d. i. de afstand van het oculair tot het objectief worden vergroot.

De helderheid wordt door de sterke vergrooting verminderd; daarom moet het voorwerp, namelijk de rand, zoo goed mogelijk worden verlicht.

Hiervoor zijn *illuminatoren g* aangebracht.

Even vóór de collectief-lens *b* wordt het beeld van het voorwerp gevormd. Ter plaatse *c* is een dun glasplaatje aangebracht, waarop eene zeer fijne verdeeling

(micrometer-verdeeling) is gegrift (in fig. 61 bij C^1 voorgesteld). Van deze verdeeling wordt een vergroot beeld gevormd, 'twelk is voorgesteld in fig. 61, waarin tevens het vergroote beeld van een gedeelte van den cirkelrand is geteekend.

De schaalverdeeling op het glasplaatje bevat eene lange indexstreep *u* en eene kortere streep u^1, welker afstand bij het stellen overeengebracht moet worden met den afstand van twee deelstrepen op den rand. Overigens is de ruimte $u\ u^1$ in een zeker aantal onderling gelijke deeltjes (in onze figuur in 20) verdeeld, op de wijze als nader uit de figuur blijkt.

Het verlengen of verkorten van den microscoop geschiedt door middel van de schroef *f*.

Voor de verdere regeling van den microscoop zijn correctieschroefjes *m*, *m'*, *m''*, *r* en *k* aangebracht, waarvan het gebruik bij eenig opletten zeer eenvoudig is. De geheele inrichting is door middel van den arm *R* aan den cirkelrand van het instrument bevestigd.

Bij het aflezen gaat men als volgt te werk. (Zie fig. 61.)

Men bepaalt eerst de waarde van elk schaaldeeltje van het afleesplaatje door vergelijking met de randverdeeling. In ons geval is elke graad op den rand in drieën verdeeld en bevat dus elk randdeel 20'. Elk schaaldeeltje bevat daarom $\frac{20'}{20} = 1'$.

De index ligt in onze figuur tusschen 81° en de streep *u'*. Wij gaan nu na, hoeveel schaaldeeltjes van den microscoop er gelegen zijn tusschen de randstreep 81° 20' en de daaropvolgende randstreep, en vinden in het geval der figuur daarvoor 11 en naar schatting nog $^1/_2$ deelstreep.

Wij hebben dus:

Directe aflezing	=	81°		
11 schaaldeeltjes ad 1'	=		11'	
naar schatting een $^1/_2$ afleesdeeltje	=			30''
Juiste aflezing		81°	11'	30''

§ 69. **Micrometrische microscoop.** Gevoeliger en nauwkeuriger dan de afleesmicroscoop is de *micrometrische microscoop*, in doorsnede voorgesteld in fig. 62 en 63. Bij dezen

microscoop is het glasplaatje vervangen door eene slede *a* (fig. 63), waarop twee evenwijdig gespannen draden (*b*) zijn aangebracht. Door middel van de micrometerschroef (*h*) is de slede verschuifbaar, en wel zoodanig, dat bijv. door ééne omwenteling van de schroef de slede — met de draden — verplaatst wordt over twee randdeelen. Onderdeelen van eene omwenteling worden afgelezen op de trommel *d*, welke daartoe van een verdeeling is voorzien en zich langs een index beweegt.

Om den dooden gang der schroef te beletten, drukt het veertje in de bus *e* voortdurend tegen de slede. Boven de slede is een dunne dekplaat *f* (fig. 63) aangebracht (in *A-B* weggelaten). Deze dekplaat is voorzien van eene gedeeltelijk cirkelvormige of rechthoekige opening, ten einde het gezichtsveld van den microscoop vrij te laten. In deze opening steekt een tandje *t* vooruit, dat als index dienst doet. De inrichting is nu zoodanig, dat, zoodra de trommel *d* op haar nulpunt staat, de tand *t* tusschen de beide draden *b* valt. Trommel en draden staan dan in den normaalstand. Deze normaalstand kan steeds op eenvoudige wijze worden geregeld.

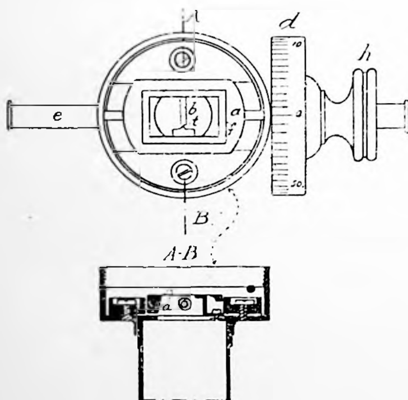


Fig. 63.

Ten einde op den verdeelden cirkelrand van het instrument te kunnen aflezen, wordt de schroef *h* van uit den normaalstand zoo lang gedraaid, tot het midden der draden juist gelegen is boven de onmiddellijk voorafgaande randstreep; de doorloopen weg is dus juist gelijk aan het onderdeel van het randdeel, waarvan men de

grootte wenscht te bepalen en welke dus op de trommel kan worden afgelezen.

Een en ander wordt nader toegelicht door de fig. 64 (*a*, *b* en *c*), waarin *a* het gezichtsveld van den microscoop, *b* den normaalstand van de trommel en *c* den afleesstand der trommel voorstelt.

De limbus is in twaalfde graden verdeeld. Elk randdeel is dus gelijk aan $\frac{60'}{12} = 5'$. Eene omdraaiing der trommel komt in ons geval overeen met een randdeel, zoodat ééne omdraaiing

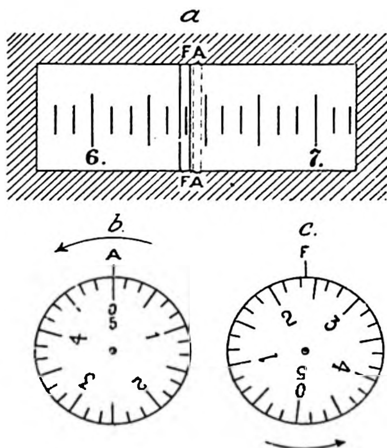


Fig. 64.

dus 5′ meet. De trommel is in 5 gelijke stukken verdeeld, welke wederom onderverdeeld zijn in 6 gelijke deelen. Elk hoofddeel op de trommel beteekent dus 1′ en elk onderdeel $\frac{60''}{6} = 10''$.

Bij normaalstand der draden, in fig. 64 *a* gestippeld, lezen we nu af op den limbus: 6° 25′

Op de trommel lezen we af (fig. 64 *c*): 2′ 20″

en volgens schatting nog: 6″

zoodat de juiste aflezing is: 6° 27′ 26″

§ 70. Bij sommige instrumenten is de micrometrische microscoop zoodanig geconstrueerd, dat de micrometerschroef niet éèns, maar meermalen moet worden omgedraaid om één randdeel te doorloopen. Bij zoodanige constructie is de dekplaat van meerdere tanden voorzien, welke een zoogenaamden *kam* vormen (fig. 65). De onderlinge afstand der tanden komt hierbij met éène omwenteling der schroef overeen.

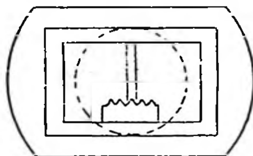


Fig. 65.

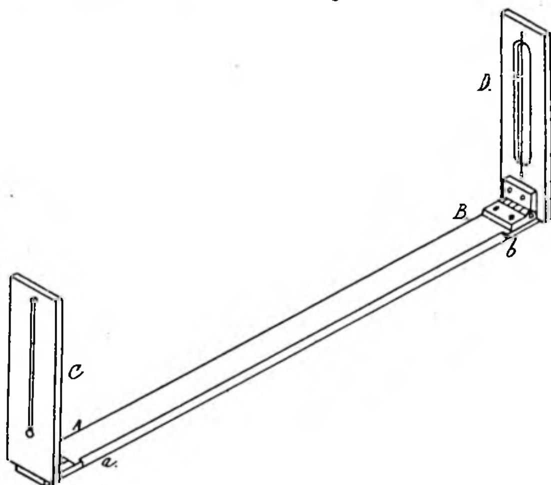


Fig. 66.

Bij het aflezen moet hiermede natuurlijk rekening worden gehouden, wijl het *aantal* omwentelingen in dit geval door den kam wordt aangegeven.

§ 71. **Vizierinrichtingen.** Bij de meeste hoekmeetinstrumenten zijn als vizierinrichtingen een of meer kijkers aangebracht, welke geconstrueerd zijn als in § 38 en § 39 is beschreven.

Bij enkele instrumenten doet echter eene meer eenvoudige inrichting voor het vizieren dienst. In fig. 66 is eene dergelijke vizierinrichting voorgesteld. Zij bestaat uit twee loodrecht geplaatste plaatjes *C* en *D*, welke bevestigd zijn op eene liniaal *A B*, die (o.a. bij het planchet) schuin is afgewerkt, om er lijnen langs te kunnen trekken.

Het eene opstaande plaatje *(C)* is van een smalle gleuf voorzien (de *oog-* of *oculair-opening)*; het andere *(D)* bevat eene breedere sleuf *(voorwerp-* of *objectief-opening)*, waarvoor in het midden loodrecht een draad (paardenhaar) is gespannen. Het midden der oculair-opening vormt met den draad het *viziervlak*.

Voor nauwkeurige metingen zijn deze vizierinrichtingen minder geschikt, aangezien door de smalle, slechts 0.7 à 0.9 m.M. wijde opening zeer weinig licht in het oog valt, waardoor de helderheid van het voorwerp, dat meestal toch reeds moeilijk waar te nemen is, belangrijk vermindert.

§ 72. **Excentriciteit.** *Uitmiddelpuntigheid* of *excentriciteit* ontstaat, indien de alhidade van een instrument niet juist in het middelpunt van den cirkelrand is aangebracht, wat door geringe onvolkomenheden in de afwerking der constructiedeelen kan voorkomen. Is dit het geval, dan heeft de alhidade bij het meten van een hoek feitelijk de standen *A A'* en *B B'* (fig. 67) ingenomen en dus den omtrekshoek *A M' B* doorloopen. Op den rand leest men evenwel af den boog *A B*, welke de maat aangeeft voor den middelpuntshoek *A M B*. Het ver-

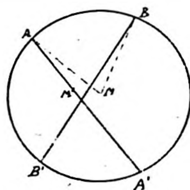


Fig. 67.

schil tusschen beide hoeken geeft nu de grootte van de fout der excentriciteit aan.

Bij een vollen cirkelrand kan deze fout op eenvoudige wijze volkomen geëlimineerd worden, door op beide aan de alhidade aanwezige noniën, welker indexlijnen diametraal tegenover elkander zijn geplaatst, af te lezen en van beide aflezingen het gemiddelde te nemen.

Uit de figuur valt met eene stelling uit de Vlakke Meetkunde gemakkelijk te bewijzen, dat inderdaad door deze wijze van handelen de hier bedoelde fout wordt geëlimineerd.

HOOFDSTUK VIII.

SEXTANT.

§ 73. **Beginsel.** De inrichting van de sextant (fig. 68) berust op de leer der terugkaatsing van het licht.

Evenals bij het spiegelkruis zijn er twee spiegels en wordt het direct geziene beeld van één voorwerp (baak, ster) tot samenvallen gebracht met het dubbel teruggekaatste beeld van een tweede voorwerp. De hoek, waaronder beide voorwerpen direct gezien worden, is dan het dubbel van den hoek, welken de twee spiegels onderling maken. (Zie § 11.)

Kan dus deze laatste hoek op het instrument worden gemeten, dan is ook de eerste bekend.

§ 74. **Inrichting.** Het instrument bestaat uit ongeveer een zesde gedeelte van een vollen cirkelrand en ontleent hieraan den naam van sextant.*) De verdeelde rand c is met een stel spaken aan zijn middelpunt verbonden. Om dat punt is eene alhidade draaibaar, welke voorzien is van een nonius, waarmede de geheele cirkelrand doorloopen kan worden. Op deze alhidade is een geheel verfoeliede spiegel S aangebracht, welke vast er aan verbonden is en dus alle bewegingen van de alhidade meemaakt. Deze spiegel draagt den naam van *grooten spiegel*. Hij is met schroefjes $t\,t'$ aan de alhidade bevestigd. Door het schroefje d kan de loodrechte stand van den spiegel ten opzichte van het vlak van den cirkelrand worden geregeld. De alhidade is voorts van eene micrometerschroef M (voor fijne beweging) en eene klemschroef M^1 voorzien. Op de alhidade is nog bevestigd eene loupe L, ten einde de aflezingen op den rand te vergemakkelijken.

Aan de uiterste linkerspaak is op een cirkelvormig plaatje

---

*) Bedraagt de verdeelde rand slechts het achtste deel van een vollen cirkelrand, dan noemt men het instrument een „octant". Het eenige verschil tusschen dit instrument en de „sextant" is, dat de grootst te meten hoek hiervan kleiner is.

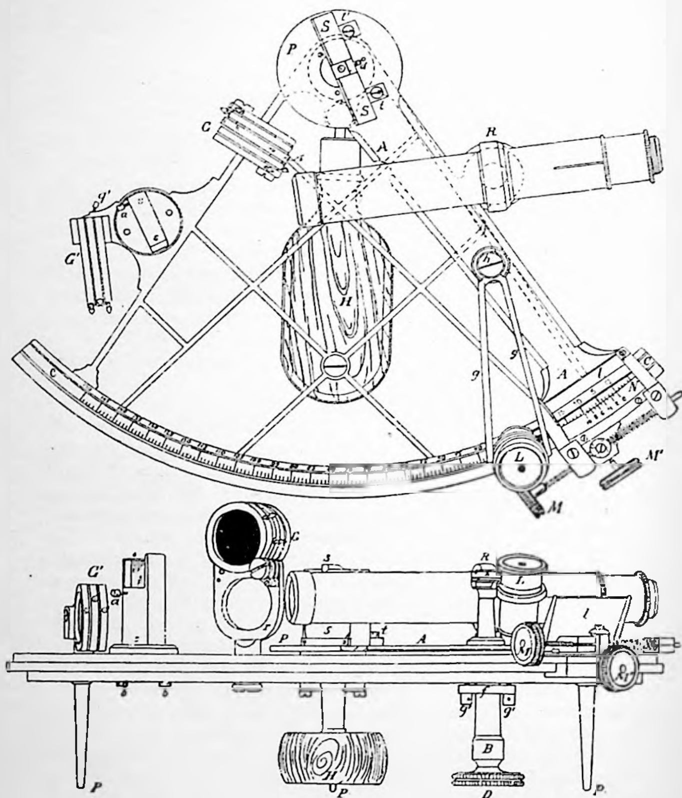


Fig. 68.

een tweede spiegel aangebracht, de *kleine* of *kimspiegel*. Deze is slechts voor het onderste gedeelte verfoelied, zoodat door

het ruitje van het bovendeel een voorwerp direct kan worden gezien. De kimspiegel is door middel der schroefjes *b b* verstelbaar ten opzichte van den standhoek tusschen het spiegelvlak en het vlak van den rand, terwijl het schroefje *a* eene kleine draaiing van den spiegel om eene verticale lijn mogelijk maakt. Bij sommige sextanten is het onverfoelied gedeelte van den kimspiegel weggelaten en ziet men dus het direct geziene voorwerp over den spiegel heen.

Aan de uiterste rechterspaak (de zijde, waar het nulpunt der randverdeeling zich bevindt) is een kijker aangebracht, welke op den kimspiegel gericht is en dient om de samenvalling van het dubbel teruggekaatste beeld van het rechter voorwerp met het direct geziene linker voorwerp beter te kunnen waarnemen. De kijker kan door eene schroef met geranden kop *D* hooger of lager gesteld worden ten opzichte van den cirkelrand. Bij eenigszins sterke vergrooting is het door den kijker direct geziene beeld in het geheele gezichtsveld waarneembaar, schijnbaar door het verfoeliede gedeelte van den kimspiegel heen. Van eene afscheiding is dan niets te bemerken. Men maakt daarom, indien de beide voorwerpen dichtbij zijn gelegen of op zeer verschillenden afstand, meestal geen gebruik van den kijker, doch van een buis zonder glazen.

Gewoonlijk zijn bij de sextant meerdere kijkers aanwezig, o. a. een astronomische, welke gebruikt wordt voor het waarnemen van hemellichamen of zeer veraf gelegen voorwerpen.

De randverdeeling is meestal uitgevoerd in 12de deelen van graden en strekt zich uit over hoogstens 75°, zoodat, de lengte van den nonius in aanmerking genomen, uiterlijk hoeken van 130° gemeten kunnen worden. Bij 't meten van grootere hoeken (indien de randverdeeling zulks overigens toeliet) zouden de lichtstralen onder te scherpe hoeken op den grooten spiegel invallen, waardoor de beelden niet voldoend scherp zouden worden. Wenscht men toch hoeken te meten, die grooter dan 130° zijn, dan plaatst men in het vlak van den te meten hoek één of meer tusschenpunten en kan men door eenvoudige optelling de waarde van den te meten hoek vinden.

Daar, zooals wij hiervoren in § 73 opmerkten, slechts de helft van den hoek, welken men opneemt, door de sextant

gemeten wordt, zou elke meting met 2 vermenigvuldigd moeten worden. Om dit te ontgaan, is de graadverdeeling op den rand dadelijk genummerd van 0° tot 150°. Een halve graad is dus voor een heelen in rekening gebracht.

De nonius is meestal in 60 deelen verdeeld, waarmede dus 59 randdeelen overeenkomen. Bevat een randdeel 5′ = 300″, dan wordt het gerekend voor 600″ en leest de de nonius dus af in $\frac{600''}{60} = 10''$. Met een scherpe loupe kan men dikwijls door schatting gaan tot 5″.

Om het scherpe licht van zon of maan te temperen, is de sextant nog voorzien van twee stellen gekleurde glazen (G en G^1), welke tusschen en achter de spiegels gedraaid kunnen worden. Om de brekingsfout der lichtstralen, als gevolg van de niet-evenwijdigheid der voor- en achtervlakken, door verschillende metingen te kunnen elimineeren, kunnen de glazen 180° omgedraaid worden, waarbij het noodig is, de klemschroefjes q en q^1 los te draaien en, na de glazen omgezet te hebben, weder vast te zetten. Achter den nonius is op de alhidade een reflector of illuminator l geplaatst.

Het instrument is voorts van drie koperen pooten P en van een houten handvat H voorzien.

§ 75. **Gebruik.** Om met het instrument een hoek te meten, neemt men het aan het handvat zoodanig in de rechterhand, dat het middelpunt van den rand (dus het midden van den grooten spiegel) in de verticaal van het hoekpunt van den te meten hoek valt; daarna ziet men door den kijker en het onverfoelied gedeelte van den kimspiegel naar het links gelegen voorwerp, dat men door in- of uitschuiven van den kijker zoo duidelijk mogelijk tracht waar te nemen. Vervolgens draait men met de linkerhand de alhidade zoodanig, dat het dubbel teruggekaatste beeld van het rechts gelegen voorwerp in het verfoelied gedeelte van den kimspiegel zichtbaar is, en brengt vervolgens beide beelden in den spiegel zoo na mogelijk tot samenvallen. Nu zet men door middel van de klemschroef de alhidade vast, waarna men met de micrometerschroef de beelden volkomen juist doet samenvallen. Op den nonius leest men alsnu den gevraagden hoek af.

§ 76. **Indexfout.** Bij evenwijdigen stand der beide spiegels moet het nulpunt op den rand samenvallen met het nulpunt op den nonius, daar, indien dit niet het geval is, de te meten hoek niet juist het dubbel is van den hoek, dien de twee spiegels onderling maken. Er ontstaat in dit geval eene fout: de *indexfout*.

Ten einde te onderzoeken, of deze fout aanwezig is, richt men op een zeer ver verwijderd punt, b.v. op eene ster of op een kerktoren, en laat het dubbel teruggekaatste beeld van dit voorwerp samenvallen met het direct geziene voorwerp. Daar alsdan de lichtstralen, practisch, als evenwijdige lijnen tot ons komen, moet de stand der spiegels evenwijdig zijn. Staat de nonius nu niet op nul, dan geeft de grootte der afwijking de *indexfout* aan.

De indexfout kan weggenomen worden, door den nonius op nul te stellen, daarna te richten op een ver verwijderd voorwerp, en zijn dubbel teruggekaatst beeld te brengen in het verfoelied gedeelte van den kimspiegel. Door middel van de correctieschroefjes *b b* moeten de beide beelden tot samenvallen gebracht worden.

§ 77. **Indexcorrectie.** Bij veelvuldig gebruik van het instrument kan allicht de kimspiegel iets van den evenwijdigen stand afwijken. Deze zou dus geregeld gecontroleerd moeten worden. Het is daarom doelmatiger, bij elke serie van metingen, welke men wenscht te doen, vóór den aanvang de indexfout te bepalen en deze als correctie bij elken gemeten hoek in rekening te brengen. Deze correctie draagt den naam van *indexcorrectie*.

Om deze correctie te kunnen bepalen, doet men wederom het direct geziene beeld van een verafgelegen voorwerp — eene ster — samenvallen met zijn dubbel teruggekaatst beeld en leest op den nonius den hoek (b.v. p) af. De te meten hoek is echter $0°$.

Noemen wij de te bepalen indexcorrectie δ, dan is de gemeten hoek dus $p + \delta = 0$ of $\delta = -p$.

De bepaling van δ wordt eenige malen herhaald en van de gevonden waarden het gemiddelde genomen.

§ 78. **Spiegelparallax.** Indien bij het meten van een hoek met de sextant het links gelegen voorwerp zeer nabij het oog

van den waarnemer is gelegen, ontstaat de zoogenaamde *spiegelparallax.*

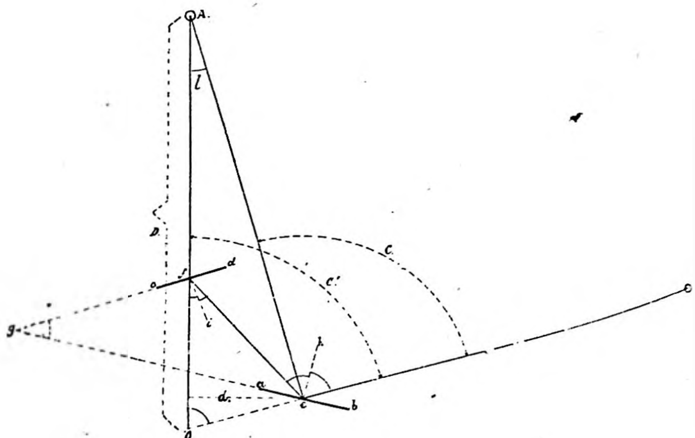


Fig. 69.

Zij in fig. 69 de te meten hoek $A\ e\ B = c$, dan wordt niet deze, doch hoek $A\ O\ B = c^1$ gemeten. Hierdoor ontstaat dus eene fout ter grootte van het verschil tusschen beide hoeken, die in het zooeven genoemde geval van beteekenis is en daarom, nevens de indexcorrectie, als correctie moet worden aangebracht. Deze correctie verandert naar gelang van den afstand, waarop de waarnemer van het voorwerp A is verwijderd.

Als buitenhoek van $\triangle\ A\ O\ e$ is $\angle\ c = \angle\ c^1 + \angle\ l$. Heeft men dus op den rand den hoek c^1 ($= A$) afgelezen, dan zou de grootte van hoek c voorgesteld worden door $A + \delta + l$.

Stelt men nu den afstand van den grooten spiegel tot de as van den kijker$= d$ en dien van het punt van waarneming tot het

links gelegen voorwerp $= D$, dan zal, in seconden uitgedrukt: $l = \frac{d \times 206265}{D}$ *) zijn.

Voeren wij voor $d \times 206265'' = d''$ in, dan vinden we:

KON. NED. METEOROLOGISCH INSTITUUT.
FILIAAL-INRICHTING TE AMSTERDAM.

Onderzoek van Hoekmeetinstrumenten.

No. 1330

Soort van Instrument Sextant [illegible]

Gemerkt [illegible]

Is geschikt om hoeken te meten tot 131°

Aflezing in 10"

DE CORRECTIËN (onafhankelijk van de index-correctie) zijn de volgende:

Aflezing	Correctie	Aflezing	Correctie
10°	0"	90°	+ 5"
20°	0"	100°	+ 5"
30°	0"	110°	+ 5"
40°	0"	120°	—
50°	0"	130°	—
60°	0"		
70°	0"		
80°	+ 5"		

N.B. Correctie + beteekent optellen bij de aflezing. Correctie — daarvan aftrekken.

Bij het gebruik van GEKLEURDE GLAZEN zijn bovendien onderstaande Correctiën toe te passen.

GROOTE SPIEGEL	Correctie	KIMSPIEGEL	Correctie
Lichtste Glas	+ 10"	Lichtste Glas	0"
2de Glas	5"	2de Glas	10"
3de Glas	+ 5"	Donkerste Glas	5"
Donkerste Glas	0"		

AMSTERDAM, den 20 Augustus 1909.

N.B. [illegible]

De Directeur. [illegible]

Certificaat van een sextant.

$c = A + \delta + \frac{d''}{D}$; waarin d'' eene constante grootheid van het instrument voorstelt, welke dus eens voor al bepaald

---

*) De formule eischt wellicht voor sommige lezers eenige toelichting.

Het lijntje d is ten opzichte van den kleinen hoek l te beschouwen als een gedeelte van een cirkel, uit A beschreven met D als straal. De omtrek van dezen cirkel wordt uitgedrukt door $2\pi D$, en daar deze in $360 \times 60 \times 60'' = 1296000''$ verdeeld is, zoo wordt de lengte van een boogje, groot 1 seconde, voorgesteld door de uitdrukking $\frac{2\pi D}{1296000}$. Het boogje d bevat nu een aantal seconden, gelijk aan d gedeeld door $\frac{2\pi D}{1296000} = \frac{d}{D} \times \frac{1296000}{2\pi} = \frac{d}{D}\, 206265''$.

kan worden, terwijl D voor ieder voorwerp verandert en derhalve telkens opnieuw bepaald moet worden.

Daar de sextanten steeds vóór de aflevering door den fabrikant nauwkeurig worden onderzocht, wordt bij elk instrument een staatje (als vorenstaand voorbeeld) bijgevoegd, waarop de spiegelparallax en de aan te brengen correcties wegens kleine onjuistheden in de randverdeeling zijn aangeteekend. De wegens spiegelparallax aan te brengen correctie wordt daarbij opgegeven voor afstanden van 10, 100, 1000 enz. Meters. De waarde dezer correcties moet dus steeds bij de aflezing van den hoek worden opgeteld.

§ 79. **Voorwaarden van regeling.** Deze zijn voor de sextant de volgende:

a. De groote spiegel moet loodrecht staan op het vlak van den rand.

b. De kimspiegel moet loodrecht staan op het vlak van den rand.

c. De as van den kijker moet evenwijdig loopen met het vlak van den rand.

§ 80. **A.** De stand van den grooten spiegel wordt onderzocht, door hem in een stand te draaien, gericht op het midden van den rand. Nu plaatst men het oog een weinig boven het vlak van den rand, zoodanig, dat men het eene uiteinde van den rand in den spiegel waarneemt. Ziet men nu langs den spiegel onmiddellijk er naast het andere uiteinde *even hoog*, dan is aan de gestelde voorwaarde voldaan. Is dit niet het geval, dan moet het schijnbaar verschil in hoogte vereffend worden door middel van de aanwezige correctieschroefjes.

§ 81. **B.** De regeling, sub *a* bedoeld, gaat steeds de regeling, bedoeld in sub *b*, vooraf. Om den stand van den kimspiegel te onderzoeken, richt men op een voorwerp en tracht, door verdraaien der alhidade, het direct geziene voorwerp met zijn dubbel teruggekaatst beeld te doen samenvallen. Indien dit onmogelijk blijkt, worden de beelden zoo na mogelijk onder elkander gebracht en vervolgens door middel van de correctieschroef van den spiegel tot volkomen samenvalling gebracht.

§ 82. C. De kijker van de sextant is niet van eene richtlijn voorzien, daar bij het meten geen bepaald punt moet worden „aangepeild", doch slechts het samenvallen van twee beelden moet worden waargenomen. De van die beelden uitgaande lichtstralen liggen in een vlak, dat gaat door de normale op beide spiegels. Zij loopen derhalve evenwijdig met het vlak van den cirkelrand.

De lijn, loopende midden door het gezichtsveld, waarin de lichtstralen moeten worden opgevangen — de as van den kijker — moet bijgevolg evenwijdig zijn met den rand en zoo hoog *boven* dien rand gesteld zijn, dat de lichtsterkte der beelden zooveel mogelijk gelijk gemaakt wordt, om eene zuivere samenvalling te kunnen observeeren. De beste stand van den kijker zal overigens die zijn, waarbij zijne as gericht is op de grenslijn tusschen het verfoelied en het onverfoelied gedeelte van den kimspiegel.

Om nu te onderzoeken, of de stand van den kijker aan vorengenoemde voorwaarde voldoet, wordt de kijker met het midden van het objectief zoo juist mogelijk tegenover het midden van den kleinen spiegel gebracht. Dit geschiedt met behulp van de schroef *D*. Vervolgens richt men het vlak van den verdeelden cirkelrand op eene horizontale lijn, b.v. eene raamroede, een kroonlijst aan een gebouw of de nok van een dak, en overtuigt zich, of die lijn in het midden van het gezichtsveld van den kijker valt. Is dit *niet* het geval, dan is de as *niet evenwijdig* met het vlak van den rand en moet de geconstateerde afwijking door middel van de schroefjes g en g^1 worden hersteld.

§ 83. **Herleiding van den hoek tot den horizon.** Daar met de sextant de hoeken in hun eigen vlak worden gemeten en dit vlak in den regel *niet horizontaal* zal zijn, zijn de met de sextant gemeten hoeken *geen horizontale* hoeken en moeten zij dus, alvorens ze te kunnen gebruiken bij het teekenen van kaarten, d.i. bij het projecteeren op een horizontaal vlak, *tot den horizon worden herleid.* In fig. 70 stellen A, B en C de punten voor, welke den terreinhoek c bepalen; a en b zijn de projecties der punten A en B op het horizontale vlak, dat door het hoekpunt C gaat. De tot den horizon herleide hoek wordt dus voorgesteld door $\angle\, b\, C\, a = \angle\, c^1$. Om nu dezen

hoek af te kunnen leiden uit dien, welke met de sextant gemeten is, is het noodig, de grootte der hoeken te kennen, welke de lijnen $C\,A$ en $C\,B$ maken met hare horizontale projecties Ca en Cb. Dit zijn de *hellingshoeken* h en h^1.

Trekken wij de lijn $A\,H$ evenwijdig met ab, dan is $\triangle$ $A\,B\,H$ rechthoekig en hebben we:

$$A\,B^2 = A\,H^2 + B\,H^2.$$

Uit $\triangle$ $C\,A\,B$ volgt verder:

$$A\,B^2 = B\,C^2 + A\,C^2 - 2\,B\,C \times A\,C \cos. c.$$

Ook is: $A\,H^2 = ab^2 = bC^2 + aC^2 - 2\,bC\,aC \cos. c. = BC^2 \cos.^2 h^1 + AC^2 \cos.^2 h - 2\,BC\,AC \cos. h \cos. h^1 \cos. c^1$. en $B\,H^2 = (Bb - H\,b)^2 = (Bb - Aa)^2 = (B\,C \sin h^1 - A\,C \sin h)^2 = B\,C^2 \sin.^2 h^1 + A\,C^2 \sin.^2 h - 2\,B\,C.\,A\,C \sin. h \sin h^1$.

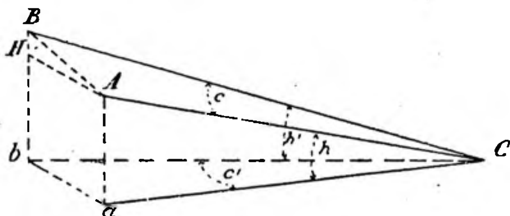


Fig. 70.

Brengen wij deze waarden voor $A\,B^2$, $A\,H^2$ en $B\,H^2$ in de eerste vergelijking over, dan vinden wij, na deeling door $-\,2\,B\,C.\,A\,C$:

$$\cos. c = \cos. h \cos. h^1 \cos. c^1 + \sin. h \sin. h^1,$$

waaruit onmiddellijk volgt:

$$\cos. c^1 = \frac{\cos. c - \sin. h \sin. h^1.}{\cos. h \cos. h^1.}$$

De grootte der hellingshoeken h en h^1 kan door waterpassing der punten C, A en B, waarbij C als nulpunt der waterpassing moet worden aangemerkt, en door meting der lengte van $A\,C$ en $B\,C$ worden gevonden.

HOOFDSTUK IX.

PLANCHET.

§ 84. **Inrichting.** Het planchet — zie de afbeelding fig. 71 — bestaat uit een houten bord, dat aan de onderzijde voorzien is van eene klem- en micrometer-inrichting en op een statief wordt geplaatst.

Het bord kan door middel van eene losse libel waterpas gesteld worden.

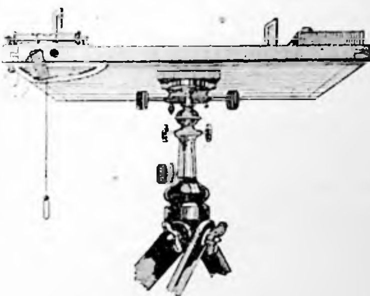


Fig. 71.

Bij het planchet behoort eene vizierinrichting als afgebeeld in fig. 66. Sommige planchetten worden geleverd met een houten liniaal, waarop een kijker met verticalen, verdeelden cirkelrand is bevestigd. Deze kijker doet als vizierinrichting dienst. De vizierlijn ligt in een verticaal vlak evenwijdig met den zijkant der liniaal.

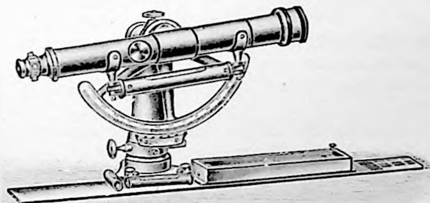


Fig. 71a.

Een dergelijke liniaal met kijker wordt, naar het Duitsch, *Kippregel* (Hollandsch: *Kijkerliniaal*) genoemd. De kijker is als afstandmeter ingericht.

§ 85. **Doel en gebruik.** Bij het meten met het planchet is het doel niet, de gemeten hoeken in hoekmaat uit te drukken, doch onmiddellijk op het met papier bespannen bord van het instrument den op te meten hoek te teekenen. Hierdoor bereikt men het voordeel, dat het maken van schetsen overbodig wordt. Een bezwaar is echter, dat alleen bij gunstig weder kan worden gearbeid.

Nadat het planchetbord waterpas is gesteld, wordt het punt van het terrein, van waaruit de meting een aanvang zal nemen, door een schietlood op het papier overgebracht. Dit schietlood is voorzien van een ijzeren of koperen centreerhaak *A D* (fig. 72). Het punt *A* is juist gelegen boven het midden van het koord aan het puntlood *S*, zoodat dit punt dus elk door het lood op het terrein aangegeven punt op het papier aangeeft. Vervolgens wordt langs *A* de vizierliniaal gelegd in de richting van het eene been van den te meten hoek en langs de liniaal een lijn getrokken, welke dus de projectie voorstelt van dit been op een horizontaal vlak. Het andere been wordt op dezelfde wijze op het papier geteekend; waarna de horizontale projectie van den te meten hoek geteekend is.

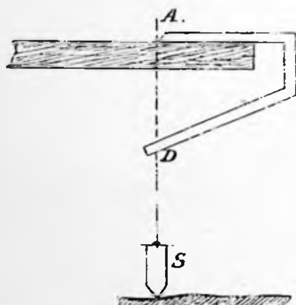


Fig. 72.

Heeft men nu de lengte der beenen van den hoek gemeten tot aan de punten, welke men op de teekening wil brengen, dan moeten de gemeten afstanden eerst herleid tot den horizon (zie § 22), waarna men ze op bepaalde schaal van uit het punt *A* uitzet.

Moet in een punt van een der beenen van den reeds

opgemeten hoek een tweede hoek worden gemeten, dan wordt het planchet naar dat punt verplaatst en wordt dit punt door middel van den hoek op het papier overgebracht. Hierbij moet natuurlijk gezorgd worden, dat het komt te liggen in de reeds geprojecteerde lijn van het been en in het daarop uitgemeten punt. De vizierliniaal wordt nu langs deze lijn gelegd en het planchet zoo lang gedraaid, tot het eerste standpunt van den waarnemer — inmiddels door een baak op het terrein vastgelegd — met de vizierlijn samenvalt. Het planchet is dan *georiënteerd.*

Het bepalen van het tweede been van den hoek geschiedt nu weder met behulp van de vizierliniaal.

Op deze wijze voortgaande, is het mogelijk, een door rechte lijnen geheel ingesloten terrein op een bepaalde schaal onmiddellijk door middel van het planchet in teekening te brengen.

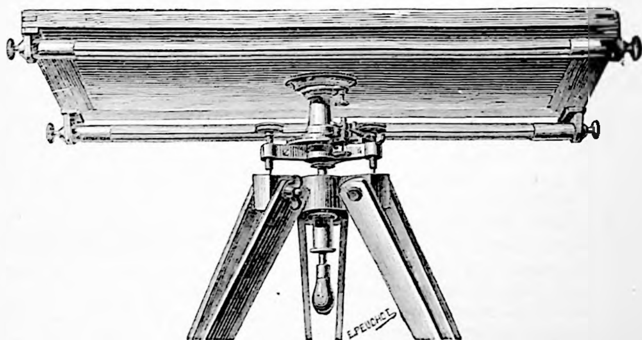


Fig. 73.

In fig. 73 is een planchet afgebeeld, waarbij aan de onderzijde twee rollen zijn aangebracht. Deze worden benut voor het vastklemmen en oprollen van het teekenpapier en zijn zeer doelmatig.

§ 86. **Opstelling.** Vóór met het planchet wordt aangevangen te werken, moet het volkomen juist worden opgesteld. Het moet daarbij voldoen aan de volgende eischen:

a. Het punt van het op het bord gespannen papier, 'twelk

het punt van het terrein aangeeft, moet liggen in de verticaal van dit punt.

b. Het bovenvlak van het houten bord moet horizontaal zijn.

c. Het planchet moet georiënteerd zijn, m.a.w. de reeds op het planchet getrokken lijnen moeten evenwijdig loopen met de overeenkomstige richtingen op het terrein.

Om aan de eerste voorwaarde te voldoen, wordt het geheele instrument door verzetten van den driepoot verplaatst. Is de vereischte verplaatsing gering, dan kan meestal het planchet wel zooveel op den drievoet worden verschoven.

Het horizontaal stellen geschiedt door middel van de stelschroeven, waarbij een losse buis of dooslibel wordt gebezigd.

Het oriënteeren heeft plaats op de wijze als reeds in de vorige paragraaf is uiteengezet.

Geringe verplaatsingen kunnen door verschuiving van het planchet op den drievoet worden verkregen.

§ 87. **Onderzoek van het planchet.** Het bovenvlak van het houten bord — het eigenlijke planchet — moet een plat vlak zijn en rechthoekig staan op de draaiings-as.

Om dit te onderzoeken, plaatst men eene volkomen rechte liniaal op haar kant op het bord en gaat vervolgens na, of deze over hare geheele lengte overal het vlak raakt. Indien zulks niet het geval is, moet het planchet door afschaven worden verbeterd.

De juiste stand van het bovenvlak van het planchet ten opzichte der as wordt onderzocht, door het vlak met behulp van de libel waterpas te stellen en vervolgens om de as rond te draaien. Hierbij moet de libel blijven inspelen. Loopt de bel uit het midden, dan zal men, indien aan het onderstel geene correctieschroefjes aanwezig zijn, telkens bij het meten van elken hoek, de horizontaal-stelling moeten bewerkstelligen met de stelschroeven. Dit is geen groot bezwaar, aangezien het geheel omdraaien van het toestel niet zal voorkomen, zoodat eene geringe afwijking uit den rechthoekigen stand van planchetvlak en as weinig hinderlijk zal zijn.

§ 88. Bij de vizierliniaal moet het viziervlak een plat vlak zijn, dat loodrecht staat op het ondervlak van de liniaal. Om

dit te onderzoeken, plaatst men de liniaal op een zuiver horizontaal gesteld vlak en richt op een onbeweeglijk vrijhangend schietlood. De loodrechte vizierdraad moet dan over de geheele lengte zuiver samenvallen met den draad van het lood. Eventueel noodige verbetering kan plaats hebben door de viziertjes los te schroeven en onder de verbindingsvlakjes met de liniaal een stukje papier of bladtin te leggen.

Bij dit onderzoek komt het vooral aan op den horizontalen stand, zoodat het gewenscht is, op de liniaal eene libel te plaatsen, waardoor men den juisten stand steeds onmiddellijk kan nagaan.

HOOFDSTUK X.

THEODOLIET.

§ 89. **Doel en inrichting.** De theodoliet is bestemd tot het meten van *horizontale* zoowel als van *verticale* hoeken. De laatste — waaronder verstaan worden: hoeken in een verticaal vlak gelegen — worden gemeten tusschen de vizierlijn en de verticale, respectievelijk de horizontale lijn, door het hoekpunt gaande.

In fig. 74 is O het hoekpunt, $O\ C$ eene horizontale lijn, $A\ B$ een verticale lijn. Men treft hierbij de volgende namen aan: a = *zenithoek*, b = *elevatiehoek*, c = *depressiehoek* en d = *nadirhoek*.

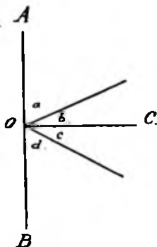


Fig. 74.

Tot het meten van horizontale hoeken is de theodoliet voorzien van een horizontalen, verdeelden cirkelrand R_1 (fig. 75), waarlangs zich, met hetzelfde middelpunt, een alhidade of alhidade-cirkel beweegt, welke twee diametraal geplaatste noniën N draagt. Boven elken nonius is een illuminator geplaatst, bestaande uit een matglazen plaatje.

De horizontale of zoogenaamde *eerste cirkelrand* is met kegelvormigen tap draaibaar in eene verticale bus B, waaraan loodrecht bevestigd zijn drie armen voor de drie stelschroeven V.

Op een alhidade of alhidade-cirkel zijn twee armen I aangebracht, welke in tappen eindigen en den draagstoel vormen voor den kijker U, welks as in deze tappen rust. De lijn, welke door het middelpunt der alhidade gaat en loodrecht staat op het vlak van den eersten rand, heet *eerste as* van den theodoliet. De as, om welke de kijker draaibaar is, wordt *tweede as* genoemd. Op den eersten cirkelrand of aan een der armen I (zooals in onze figuur) is eene libel S aangebracht.

De kijker is al of niet (in onze figuur wel) van eene libel

voorzien, terwijl vast aan de tweede as verbonden, dus draaiend met den kijker, een verticale — of *tweede* — verdeelde cirkelrand R_2 is aangebracht. Op dezen rand, door middel waarvan de verticale hoeken worden gemeten, geschiedt het aflezen door twee diametraal tegenover elkaar geplaatste noniën *N*, op eene alhidade aangebracht, welke met een ring om de as van den kijker is bevestigd. Aan dezen ring zit, benedenwaarts gericht, eene stift *S* verbonden, welke met de micrometerschroef *M* een weinig verstelbaar is. Op deze alhidade is soms (zooals in onze figuur) nog eene libel *P* aangebracht.

Boven de noniën zijn zoowel bij den eersten als bij den tweeden cirkelrand loupen *m* (zie § 67) aanwezig. Bij sommige theodolieten zijn voor de aflezingen op den eersten rand aflees- of micrometrische microscopen aangebracht (zie § 68 en 69). De eerste en de tweede cirkelrand kunnen met klemschroeven (respectievelijk *G* en *Q*) worden vastgezet, waarna met de micrometerschroeven (*H* en *T*) nog eene fijne beweging kan worden gegeven.

Bij den in fig. 75 afgebeelden theodoliet is bij *C* bovendien eene ruiterlibel aangebracht, welke met twee stutten op de as van den kijker wordt geplaatst. De libel is afneembaar aan den knop *D* en kan met een schroefje op een der armen *I* worden vastgezet.

Is de theodoliet als *repetitie-theodoliet* ingericht (zie § 103), dan zijn de eerste cirkelrand en de alhidade-cirkel afzonderlijk in de bus *B* draaibaar en werken op de eerste as nog eene klemschroef *F* en eene micrometerschroef *K*.

Bij sommige theodolieten is de kijker zoodanig aangebracht, dat hij met het objectief naar onderen kan *doorslaan* tusschen de armen van den draagstoel door. Deze inrichting levert bij het meten en regelen veel gemak op en verhoogt de nauwkeurigheid der uitkomsten van de meting. Bij den in fig. 75 voorgestelden theodoliet kan de kijker doorslaan; doch daarvoor moet het ruiterniveau steeds worden verwijderd.

De kijker is gewoonlijk ingericht als bij de waterpasinstrumenten en van een Ramsden-oculair voorzien. Soms is evenwel in den kijker een *orthoscopisch oculair* aangebracht, waardoor de beelden uiterst scherp en met geheel ongebogen lijnen zichtbaar zijn. Hierbij is de plaatsing van oculair- en collectief-lens en van draden-diaphragma in hoofdzaak als bij het Ramsden-

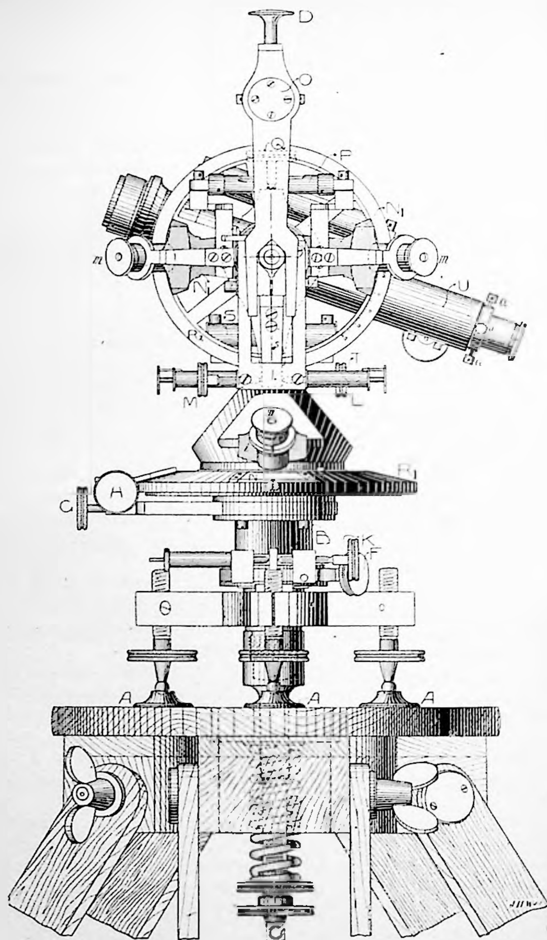


Fig. 75.

Theodoliet van de N.V. Wed. J. AHREND & ZOON, te Amsterdam.

oculair, alleen een weinig verschillend ten aanzien van de onderlinge afstanden. De oculair-lens is evenwel een dubbel-lens evenals bij het achromatisch objectief.

Tot goed begrip van de in fig. 75 gegeven teekening,

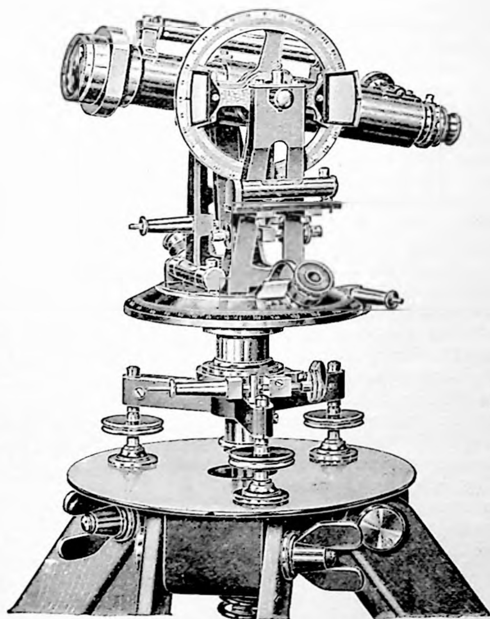


Fig. 76.

Theodoliet van de N.V. Wed. J. AHREND & ZOON, te Amsterdam.

voegen wij hieraan in fig. 76 een perspectivische voorstelling van een dergelijk instrument toe.

§ 90. **Opstelling.** De eischen van opstelling zijn:

1°. Het midden van den theodoliet moet in de loodlijn van het hoekpunt vallen.

2°. De eerste as moet verticaal staan.

Het statief wordt op het terrein geplaatst en het midden van den kop zoodanig opgesteld, dat dit ten naasten bij in de verticaal van het hoekpunt is gelegen en het kopvlak op het oog horizontaal staat. Daarna wordt het instrument er op geplaatst en met den veerhaak stevig vastgezet. Met het schietlood, dat aan den haak wordt opgehangen, onderzoekt men nu, of het midden van den theodoliet in de verticaal van het hoekpunt valt. Is dit niet het geval, dan moet het statief zoo lang worden verplaatst, tot deze samenvalling is verkregen. Bij de meeste statieven is echter eene vrij ruime cirkelvormige opening in den kop aanwezig, waardoor het instrument zonder verplaatsing van den driepoot enkele centimeters verplaatst kan worden. Sommige statieven zijn van eene *centreer-inrichting* voorzien, waardoor het mogelijk is, het instrument over een grooteren afstand te verschuiven.

Is aan de eerste voorwaarde van opstelling voldaan, dan geschiedt het verticaal stellen van de eerste as, door de luchtbel van één der niveau's (uitgezonderd dat van den kijker) in twee loodrecht op elkander gerichte standen te laten inspelen door middel van de stelschroeven, op de wijze als zulks bij de waterpasinstrumenten is verklaard.

§ 91. **Het meten van horizontale hoeken.** Indien de theodoliet goed is opgesteld, kan tot het meten van den hoek worden overgegaan. Daartoe moet de klemschroef F aan den voet van het instrument vastgezet worden en de klemschroeven Q en G losgedraaid. Met de hand wordt nu de kijker gedraaid in de richting van een der baken (bijv. van de rechts gelegene) en op die baak gericht, waarbij eventueele parallax in den kijker eerst wordt weggenomen. Thans brengt men den loodrechten kruisdraad zoo dicht mogelijk bij het waargenomen beeld der baak, draait de klemschroef G op den eersten rand aan en doet, door middel van de micrometerschroef H van dien rand, den verticalen kruisdraad volkomen samenvallen met het beeld der baak. Nu wordt op de beide noniën afgelezen en de stand der indexstreep genoteerd. Vervolgens wordt

de klemschroef G losgedraaid en de kijker gericht op de links gelegen baak. De klemschroef G wordt wederom aangedraaid en met de schroef H de juiste samenvalling van draad en baak bewerkstelligd. Nu wordt opnieuw op beide noniën afgelezen en uit het verschil tusschen de aflezingen van denzelfden nonius worden thans twee waarden voor den hoek gevonden, waarvan het gemiddelde moet worden genomen. Daar door deze wijze van handelen de hoek op twee tegenover elkander gelegen deelen van den cirkelrand wordt gemeten, wordt hierdoor eene mogelijke fout van excentriciteit geëlimineerd.

§ 92. Kan de kijker dóórslaan, dan meet men bij voorkeur tweemaal denzelfden hoek C: eerst met den kijker in den gewonen stand, daarna met doorgeslagen kijker. Wij verrichten hierbij dus 2 × 4 aflezingen en vinden voor den hoek ten slotte twee waarden, waarvan wij het gemiddelde nemen.

Hierdoor worden de fouten, welke voortvloeien uit eene eventueel niet geheel zuivere regeling van het instrument, geëlimineerd.

De uitkomsten worden als volgt genoteerd:

Standplaats	Baak	EERSTE STAND KIJKER			TWEEDE STAND KIJKER			Hoek	Gemiddeld
		Nonius I	Nonius II	Gemiddelde	Nonius I	Nonius II	Gemiddelde		
O	P	112° 13' 0"	14' 0"	112° 13' 30"	292° 12' 0"	12' 0"	292° 12' 0"	47° 12' 30"	47° 13' 0"
	R	159° 26' 0"	26' 0"	159° 26' 0"	339° 25' 0"	26' 0"	339° 25' 30"	47° 13' 30"	

De directe aflezingen vindt men in de kolommen „Nonius I" en „Nonius II". In deze laatste kolom is het aantal graden niet ingevuld, omdat dit 180° met dat van „Nonius I" verschilt. De aflezingen in den tweeden stand verschillen ongeveer 180° met die in den eersten stand.

De beide waarden van den gemeten hoek (zie de kolom „Hoek") worden gevonden door 't verschil van de „Gemiddelden" te nemen.

$$159^\circ\ 26'\ 0'' - 112^\circ\ 13'\ 30'' = 47^\circ\ 12'\ 30'',\ \text{en}$$
$$339^\circ\ 25'\ 30'' - 292^\circ\ 12'\ 0'' = 47^\circ\ 13'\ 30''.$$

't Gemiddelde van deze twee waarden is de juiste grootte van den hoek.

§ 93. **Het meten van verticale hoeken.** Voor het meten van verticale hoeken moet het instrument worden opgesteld als in § 90 is beschreven. Wij veronderstellen, dat, als de vizierlijn van den kijker waterpas is, de noniën van den verticalen rand op 0 wijzen en de lijn der nulpunten evenwijdig loopt met de richtlijn van het niveau S.

Wil men nu den verticalen hoek $R\ O\ H$ (fig. 77) meten, dan richt men den kijker op R en heft de beweging om de tweede as op door het aandraaien der klemschroef Q. Vervolgens onderzoekt men, of de libel S inspeelt, en herstelt vooraf eene afwijking met eene der stelschroeven, waarna men met de micrometerschroef T het kruispunt der draden met het punt P tot samenvallen brengt. Op de noniën leest men dan den gevraagden elevatiehoek $R\ O\ H$ af.

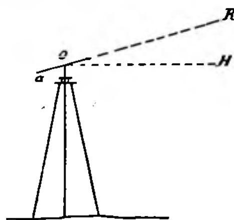


Fig. 77.

§ 94. **Indexfout en Indexcorrectie.** Indien bij evenwijdigheid tusschen vizierlijn en richtlijn van het vaste niveau S de noniën niet op nul staan, maar bijv. op $+ q$, dan wordt de waarde van elken gemeten elevatiehoek q te groot en moet dus bij elke aflezing, ter bepaling van de grootte van een hoek, eene correctie $= - q$ worden opgeteld. De fout $+ q$ wordt *indexfout* genoemd, terwijl de correctie $- q$ den naam draagt van *indexcorrectie.*

Bij een theodoliet met doorslaanden kijker is men evenwel in staat, door het meten van den hoek, met behulp van den kijker in gewonen en in doorgeslagen stand, ook de indexfout te elimineeren.

§ 95. **Regeling van den theodoliet met doorslaanden kijker.** Om met den theodoliet horizontale en verticale hoeken te kunnen meten, moet het instrument aan de volgende voorwaarden of eischen van regeling voldoen:

1. *Richtlijn van het niveau rechthoekig op de eerste as.*
2. *Tweede as rechthoekig op de eerste as.*
3. *Vizierlijn rechthoekig op de tweede as.*

§ 96. Aan den eersten eisch van regeling wordt voldaan, door de libel van den eersten cirkelrand of de aan de armen van den draagstoel des kijkers bevestigde libel (in fig. 75 de libel *S*) boven twee stelschroeven tot inspelen te brengen; daarna wordt het instrument om de eerste as 180° omgedraaid; speelt de bel dan niet meer in, zoó wordt de afwijking voor de helft met eene der stelschroeven, voor de andere helft met de correctieschroefjes van de libel weggenomen.

Om te onderzoeken, of bij een theodoliet, waarvan de kijker kan doorslaan, de tweede as rechthoekig staat op de eerste, plaatst men den kijker op eenigen afstand van een muur en brengt hierop een scherp begrensd merk aan, b.v. een klein spijkertje, dat tot den kop in den muur gedreven wordt. Dit merk plaatst men op eene hoogte, ongeveer gelijk aan de dubbele hoogte van het instrument. Men richt nu den kijker op dit punt, heft de beweging om de eerste as op, door de schroef *F* vast te zetten, draait den kijker vervolgens benedenwaarts, tot hij ongeveer dezelfde helling heeft naar beneden, als in den vorigen stand naar boven, en laat het punt *A*, waarop thans gericht is, nauwkeurig op den muur aanteekenen of leest den stand af op een aan den voet van den muur horizontaal geplaatsten dubbelen decimeter. Nu slaat men den kijker door, draait hem 180° om de eerste as, en richt weer op het eerste punt (spijkerkop), om vervolgens, na opheffing der beweging om de eerste as, den kijker met gelijke helling benedenwaarts te richten.

Alsnu moet men weder op hetzelfde punt *A* gericht zijn, dat op den muur werd aangeteekend of op den decimeter is afgelezen. Is dit niet het geval, dan staan de beide assen niet rechthoekig op elkaar. Men laat dan opnieuw het punt *B*, waarop men ditmaal viseert, op den muur aanteekenen; de afstand *A B* is de dubbele maat van de fout; men deelt dien afstand in een punt *Q* middendoor en werkt met de correctieschroefjes, waarmede de tweede as verstelbaar is, totdat men met den kijker op *Q* is gericht. Daarna herhaalt men de bewerking ter contrôle. Voorwaarde voor de regeling is, dat het muurvlak evenwijdig loopt met de tweede as.

Bij het voorgaande is verondersteld, dat de vizierlijn rechthoekig staat op de tweede as. Is dit niet het geval, dan kan toch deze methode evengoed worden toegepast, mits men

zorge, dat de helling van den kijker bij het naar boven en bij het naar beneden richten zuiver dezelfde is. Zij in fig. 78 P het eerste punt op den muur, PQ eene loodlijn, en stellen de lijnen PA en PB respectievelijk de lijnen voor, welke de vizierlijn op den muur beschrijft bij gewonen en doorgeslagen stand van den kijker, dan is het duidelijk, dat de hoeken APQ en BPQ gelijk zijn en derhalve $AQ = QB$. Het punt Q, waarop, na regeling der tweede as, gericht moet zijn, indien men vooraf op P geviseerd heeft, is dus uit de aflezingen A en B op den decimeter onmiddellijk te berekenen. In de figuur stellen $c\,d$, $c'\,d'$ en en $c''\,d''$ de projecties voor op den verticalen muur van de tweede as in de verschillende standen.

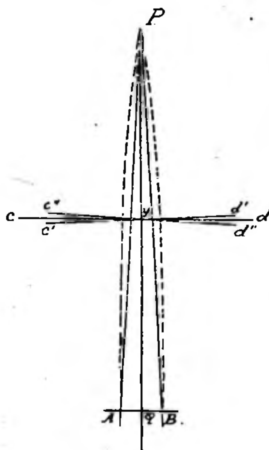


Fig. 78.

De lijnen $P\,A$ en $P\,B$ zijn recht, indien de vizierlijn rechthoekig staat op de tweede as. Is dit niet het geval, dan zijn deze lijnen hyperbolen. De afstand $P\,y$ moet hierbij gelijk zijn aan den afstand $Q\,y$.

§ 97. Om aan den derden eisch van regeling te voldoen, m. a. w. om de vizierlijn loodrecht op de tweede as te plaatsen, stelt men het instrument op in A (fig. 79) op eenigen afstand van een muur, zoodanig, dat de tweede as ongeveer evenwijdig loopt met het muurvlak en de kijker waterpas staat (hierdoor wordt de invloed van een mogelijk onjuisten stand der tweede as onschadelijk gemaakt). Men richt nu op een punt P en leest den stand der beide noniën af; daarna

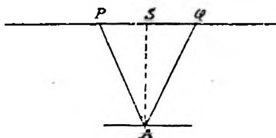


Fig. 79.

slaat men den kijker door, draait het instrument op het oog 180° om, zet schroef F vast en stelt den horizontalen rand door middel van de micrometerschroef zoodanig, dat zuiver een hoek van 180° is omgedraaid. Daarna viseert men, na den kijker wederom waterpas gericht te hebben, op Q, meet vervolgens den afstand PQ en geeft nu op den muur het midden van dien afstand door het punt S aan. Op dit punt moet nu de vizierlijn gericht zijn, hetgeen men bewerkstelligt met behulp van de correctieschroefjes van het diaphragma.

§ 98. Is op de tweede as van den theodoliet een ruiterniveau aangebracht, zooals bij het in fig. 75 afgebeelde instrument, dan geschiedt de regeling van dit niveau, nadat aan de eerste en tweede voorwaarde van regeling is voldaan. Wordt het instrument dan opgesteld zoodanig, dat het aan den draagstoel bevestigde niveau inspeelt, dan is de tweede as horizontaal en moet dus ook de luchtbel van het ruiterniveau inspelen. Is dit niet het geval, dan moet de afwijking met behulp der correctieschroefjes van het niveau worden weggenomen.

§ 99. Is de kijker van het instrument van een libel voorzien, dan moet, om er desgewenscht gebruik van te kunnen maken voor het waterpassen, de richtlijn evenwijdig zijn met de vizierlijn. Het onderzoek daarvan kan plaats hebben en de hiervoren besproken regelingen, door de noniën van den verticalen rand op 0 te stellen, als wanneer (onderstellende, dat er geene indexfout is) de vizierlijn waterpas staat. Zoo de bel van het kijkerniveau dan niet inspeelt, moet men de afwijking met de libelschroefjes corrigeeren. Eventueel moet de indexcorrectie hierbij in aanmerking worden genomen.

Echter kan men dan ook aldus handelen. Vooreerst wordt de vizierlijn van niveau S loodrecht gesteld op de eerste as als voren. Is nu de eerste as zuiver verticaal, dan wordt de vizierlijn van het kijkerniveau geregeld, door haar evenwijdig te brengen met de middellijn van den verticalen cirkelrand, die de nulpunten verbindt, waartoe men de noniën op 0 stelt (eventueel de indexcorrectie in rekening brengt), als wanneer de bel van het kijkerniveau moet inspelen. Is dit niet het geval, dan moet gecorrigeerd worden met de niveau-schroefjes.

Vervolgens brengt men de vizierlijn evenwijdig met de richtlijn van het kijkerniveau, als omschreven is in § 50. En ten slotte moet de tweede as nog loodrecht gebracht worden op de vizierlijn op de wijze van § 97.

§ 100. Voor het nauwkeurig meten van verticale hoeken is bij sommige instrumenten nog een libel aangebracht op de alhidade van den verticalen cirkelrand, *alhidade-libel* genaamd (in fig. 75 bij P aangegeven).

De alhidade is in dit geval niet vast verbonden aan den draagstoel van den kijker, doch eenigszins draaibaar om de tweede as en door middel van eene micrometerschroef M, welke door eene veer L wordt tegengehouden, verstelbaar.

Het instrument, 'twelk van een alhidade-niveau is voorzien, moet nog aan deze voorwaarde van regeling voldoen:

de vizierlijn van den kijker moet, wanneer de noniën van den tweeden cirkelrand op nul staan, evenwijdig zijn met de richtlijn van het alhidade-niveau en loodrecht staan op de eerste as.

Staat dan de eerste as juist verticaal en speelt de luchtbel in, dan zullen richtlijn en vizierlijn horizontaal zijn. In dezen stand wijst de nonius dan een elevatiehoek $= 0^0$ aan, terwijl bij elken willekeurigen kijkerstand de bijbehoorende elevatiehoek wordt afgelezen.

Bij het uiterst nauwkeurig meten van verticale hoeken zal de eerste as zelden voldoend nauwkeurig *verticaal* staan. Is inderdaad eene afwijking van den verticalen stand aanwezig, dan maakt de projectie ($P\,P_1$ fig. 80) der eerste as met de loodlijn een hoek α. Staan nu de noniën op nul en dus de vizierlijn loodrecht op $P\,P_1$, dan zal deze laatste eene depressie α vertoonen, die overeenkomt met de afwijking der luchtbel. Richt men nu op een punt P, dan leest men α te veel af.

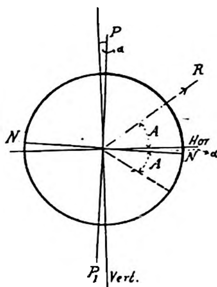


Fig. 80.

Meet men met den theodoliet op dezelfde standplaats afwisselend horizontale en verticale hoeken, dan is

het niet geraden, de zooeven bedoelde afwijking (α) door de stelschroeven van het instrument weg te nemen, daar de eerste cirkelrand hierdoor uit zijn oorspronkelijken stand zou geraken. Om deze reden werkt op de alhidade de micrometerschroef *M*, waarmede men, telkens vóór het aflezen, het niveau *P* kan doen inspelen; hierdoor doorloopt de nonius den hoek α en wordt de juiste elevatie verkregen.

De regeling van het niveau geschiedt als volgt.

Men stelt de eerste as *zuiver* verticaal en meet vervolgens door dubbele meting (dus mèt en zönder doorgeslagen kijker) een elevatiehoek. De noniën worden nu, terwijl men op het punt gericht blijft, op de juiste aflezing gesteld, door middel van de micrometerschroef *M*. Het tot inspelen brengen van het niveau geschiedt vervolgens door middel van de correctieschroefjes, waarvan het voorzien is.

§ 101. **Regeling van den theodoliet met niet-doorslaanden kijker.**

Uit den aard der zaak zijn de voorwaarden van regeling bij een theodoliet, waarvan de kijker *niet* kan doorslaan, dezelfde als bij den theodoliet met doorslaanden kijker. Aan de eerste voorwaarde wordt bovendien op dezelfde wijze voldaan. (Zie § 96.)

Om te onderzoeken, of de tweede as loodrecht staat op de eerste en de vizierlijn loodrecht op de tweede as, stelt men de eerste as zuiver verticaal en richt den ongeveer waterpassen kijker op een vrijhangend schietlood of een andere *zuiver* loodrechte lijn. Nu beweegt

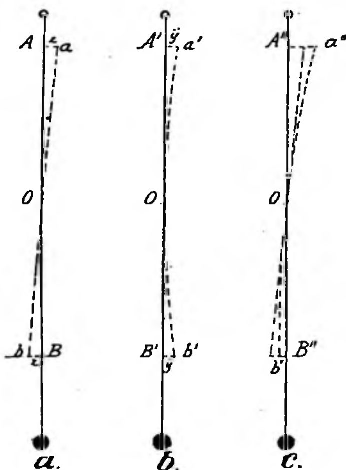


Fig. 81.

men den kijker op en neer. Blijft de kijker dan steeds gericht op de verticale lijn, dan is aan de beide vorengenoemde voorwaarden van regeling voldaan. Is dit niet het geval, dan is het instrument ontregeld. Is de vizierlijn wel loodrecht op de tweede as, maar deze niet loodrecht op de eerste as, dan beschrijft de vizierlijn eene rechte lijn *a b* (fig. 81*a*), welke ten opzichte der verticaal eene afwijking $= x$ vertoont.

Voor 't geval de tweede as wel rechthoekig op de eerste staat, doch de vizierlijn niet rechthoekig op de tweede as, zoo beschrijft de vizierlijn eene hyperbolische lijn *a' b'* (fig. 81*b*).

Zijn beide fouten gelijktijdig aanwezig, dan wordt door de vizierlijn eene lijn *a'' b''* (fig. 81c) beschreven.

Uit de figuren is gemakkelijk af te leiden, dat, indien men waterpas richt op eene verticale lijn en den kijker boven- en benedenwaarts een zelfde helling geeft:

a. gelijke uitwijkingen in *tegengestelden zin* op den niet loodrechten stand van eerste en tweede as wijzen (fig. 81*a*);

b. gelijke uitwijkingen in *gelijken zin* op den niet loodrechten stand van vizierlijn en tweede as wijzen (fig. 81*b*);

c. *ongelijke* uitwijkingen in *denzelfden* (of in *tegengestelden*) *zin* op gelijktijdige aanwezigheid der beide fouten wijzen (fig. 81 *c*).

Door middel van de op de tweede as werkende correctieschroefjes wordt de afwijking sub *a* bedoeld (x fig. 81 *a*) weggenomen, terwijl door de correctieschroefjes van het diaphragma van den kijker de afwijking sub *b* bedoeld (*ij* fig. 81 *b*) tot nul wordt gereduceerd.

§ 102. Bij vele theodolieten, waarvan de kijker niet kan doorslaan, is, ten behoeve van eene gemakkelijke regeling, de kijker *omlegbaar* gemaakt.

Om bij een dergelijken kijker te onderzoeken, of de vizierlijn rechthoekig staat op de tweede as, richt men op een punt P en legt den kijker om. Is men daarna weer op P gericht, dan staan vizierlijn en tweede as rechthoekig op elkaar. Is dit niet het geval, dan is de afwijking gelijk aan het dubbel van de fout en moet deze voor de helft met de correctieschroefjes van het draden-diaphragma worden weggenomen.

Na wegneming der fout, wordt de stand van tweede op eerste as onderzocht door te richten op eene verticale lijn,

terwijl eene eventueele fout met de reeds genoemde middelen wordt verbeterd.

§ 103. **Repetitie en reïteratie.** Is het bij het meten van hoeken gewenscht eene grootere mate van nauwkeurigheid te bereiken, dan verkregen kan worden door het éénmaal meten van den hoek op de hiervoren reeds beschreven wijze, dan staan twee andere methoden van meting ons ten dienste, welke bekend zijn onder de benamingen: *repetitie-* en *reïteratie-methode.*

Bij de eerste wordt het veelvoud van den hoek gemeten, waaruit door deeling de enkelvoudige hoek wordt gevonden. Bij de tweede methode wordt dezelfde hoek op verschillende, regelmatig langs den omtrek gelegen, deelen afgelezen en uit het gemiddelde dier aflezingen de gevraagde hoek bepaald.

Het doel van deze methoden is, den invloed der verschillende bronnen van fouten tot een minimum te beperken.

§ 104. Voor de repetitie-methode moet de theodoliet op bijzondere wijze zijn ingericht (*repetitie-theodoliet*), welke inrichting reeds is verklaard in § 89.

Wil men volgens deze methode een hoek, bijv. *A B C*, in het punt *B* meten, dan richt men, na de klemschroef *F* (fig. 75) vastgezet te hebben, op een der punten, bijv. op *A*, en leest den stand van den nonius af; vervolgens richt men op *C* en draait schroef *H* aan. Leest men nu wederom den stand van den nonius af, dan is de grootte van den gevraagden hoek bekend. Bij de repetitie-methode echter draait men den kijker, na losmaking van de klemschroef *F*, weder in de richting *A B* en richt op *A*, zet schroef *F* vast, en richt op *C*; de index der noniën heeft dan ten tweeden male den hoek doorloopen. Op deze wijze kan men een willekeurig veelvoud (*n*-voud) van den hoek meten. Leest men dus nu wederom den stand der noniën af, dan vindt men door aftrekking der aflezingen, bij een zelfden nonius behoorende, twee waarden van den *n*-voudigen hoek; hiervan zoekt men het gemiddelde en deelt de uitkomst door *n* (= het aantal *repetities*).

't Spreekt vanzelf, dat men hierbij, om geene vergissingen te maken — behalve het aantal repetities — moet onthouden het aantal malen, dat men het nulpunt van den rand is gepasseerd.

Heeft men bij het begin der meting afgelezen α_0 en na n repetities α_n, terwijl de indexstreep van den nonius m malen het randnulpunt is voorbijgegaan, dan wordt de waarde van den hoek uitgedrukt door de formule:

$$A = \frac{\alpha_n - \alpha_0 + m\ 360^\circ}{n}.$$

Ten einde zeker te zijn, dat men geene vergissing heeft begaan, is het wenschelijk, na den hoek éénmaal gemeten te hebben, dadelijk de grootte ervan af te lezen, opdat men bij benadering reeds den hoek kenne. Het voordeel hiervan is, dat men uit deze waarde van den hoek onmiddellijk het getal m kan afleiden.

Indien de kijker van het instrument kan doorslaan, verdient het aanbeveling, het aantal repetities *n even* te nemen. Men voert dan de helft der metingen met den gewonen, de andere helft met den doorgeslagen stand van den kijker uit.

§ 105. Bij de reïteratie-methode is het wenschelijk, dat de eerste rand van het instrument verplaatst kan worden, evenals bij den repetitie-theodoliet. Bepaald noodig is dit evenwel niet, daar men ook bij den enkelvoudigen theodoliet gebruik kan maken van deze methode, waarbij dan evenwel het instrument telkens onder een zekeren hoek op het statief verdraaid moet kunnen worden.

De aflezingen moeten plaats hebben op randgedeelten, welke zooveel mogelijk op onderling gelijke afstanden langs den cirkelrand zijn gelegen. Om dit te verkrijgen, moet de rand bij het aanwezig zijn van twee noniën na elke meting $\frac{360^\circ}{2n}$ worden verdraaid; hierin stelt n het aantal metingen van denzelfden hoek voor.

Bij uiterst nauwkeurige metingen verdient de reïteratiemethode de voorkeur boven de repetitie-methode en wordt deze laatste hiervoor dan ook zelden meer toegepast.

HOOFDSTUK XI.

TACHYMETER.

§ 106. **Doel en inrichting.** Onder *tachymeter* (ook wel *tacheometer* genaamd) verstaat men een theodoliet, die, behalve van de gewone inrichtingen tot het meten van horizontale en verticale hoeken, voorzien is van een kijker, welke tot *afstandmeten* is ingericht, terwijl het instrument bovendien is voorzien van eene *boussole.* Daar het bij den tachymeter minder op zeer groote nauwkeurigheid, dan wel op „snel meten" aankomt, kunnen de deelen van het instrument minder fijn en nauwkeurig zijn afgewerkt, doch zij moeten daarentegen sterker zijn en handig aangebracht.

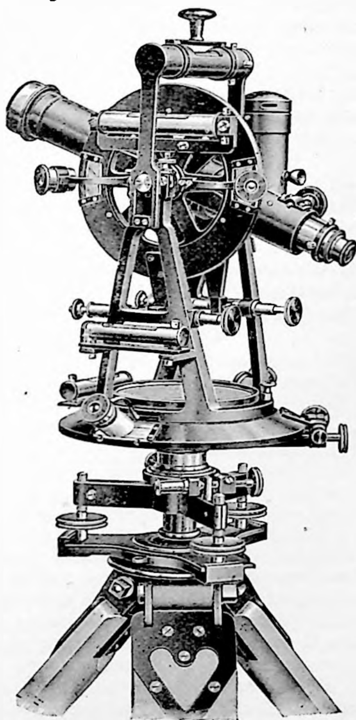


Fig. 82.

De tachymeter wordt voornamelijk daar gebruikt, waar eene directe meting niet, of slechts met moeite is uit te voeren, of waar de afstanden van een groot aantal punten tot eenzelfde punt bepaald moeten worden, vooral wanneer het noodig is, de hoogteverschillen dier punten te kennen.

Fig. 82 stelt een tachymeter voor, waarvan de inrichting in hoofdzaak met die van den in fig. 75 afgebeelden theodoliet overeenkomt. Ter plaatse, waar bij dit laatste instrument het ruiterniveau is aangebracht, is bij den hier afgebeelden tachymeter een boussole aanwezig.

Aangezien bij den tachymeter de voorwaarden van opstelling en regeling, benevens de wijze, waarop aan deze voorwaarden wordt voldaan, in 't algemeen dezelfde zijn als bij den theodoliet, verwijzen wij kortheidshalve naar hetgeen in hoofdstuk X daaromtrent is medegedeeld, en rest ons nog, eene verklaring te geven van de inrichting van een tot afstandmeten ingerichten kijker (kortweg *afstandmeter* genoemd) en van eene boussole.

§ 107. **Afstandmeter.** Hieronder wordt verstaan eene inrichting in den kijker van het instrument, waarmede men in staat is, den afstand tot een ver verwijderd punt, waarin een afleesbaak geplaatst is, dadelijk af te leiden uit de aflezingen op die baak, zonder meting met eene lengtemaat.

Het meten van afstanden met den afstandmeter berust op het berekenen van den afstand OR (fig. 83) uit den in een

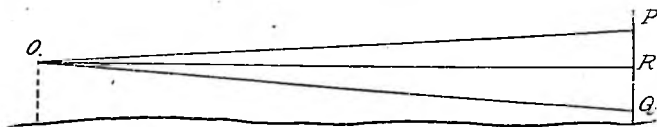


Fig. 83.

verticaal vlak gelegen gelijkbeenigen driehoek, waarvan de basis en de tophoek bekend zijn en waarin de eerste verandert met den afstand, terwijl de tweede constant is. Te dien einde is het diaphragma der kruisdraden, behalve van den verticalen draad, van drie horizontale, op onderling gelijke afstanden geplaatste, draden voorzien.

Bij sommige afstandmeters zijn deze drie draden onderling onverstelbaar op het cirkelvormige plaatje van het diaphragma aangebracht, bij andere zijn evenwel de bovenste en de onderste

draad elk afzonderlijk verstelbaar en is het diaphragma ingericht als in fig. 84. Hierbij zijn de uiterste draden op afzonderlijke plaatjes *a* en *a*[1] aangebracht, welke door middel van de schroefjes *R* en R_1 evenwijdig met den vasten middendraad kunnen worden verplaatst. Tot regeling van de vizierlijn ten opzichte der tweede as van het instrument dienen de schroefjes *S* en *S*[1].

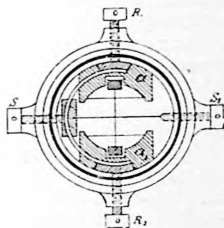


Fig. 84.

Om den afstand *O R* (fig. 83) te meten, wordt het instrument in *O* geplaatst, terwijl in *Q* een baak wordt gehouden. Uit de aflezing op de baak tusschen de beide uiterste draden wordt nu direct de afstand van het instrument tot de baak afgelezen (of zoo noodig berekend).

§ 108. **Regeling van den afstandmeter.** Vóór het gebruik moeten de draden van den afstandmeter, indien het diaphragma daarvoor is ingericht (zooals bijv. in fig. 84), worden *gesteld*. Dit geschiedt door den behoorlijk geregelden tachymeter zuiver op te stellen op een vlak terrein en de bellen te doen inspelen. Daarna bepaalt men met het schietlood op het terrein het punt, in welks verticaal de eerste as van het instrument is gelegen, en meet van daaruit met een lengtemaat een afstand van 50 M. uit. In dit punt plaatst men een baak. Nu wordt de kijker in horizontalen stand op de baak gericht en om de draaiings-as van den kijker met de micrometerschroef nog zooveel gedraaid, dat de horizontale middendraad juist samenvalt met de scheidingslijn tusschen twee deelstrepen op de baak. Vervolgens wordt met de correctieschroefjes (*R*, *R*[1] fig. 84) de bovenste draad zoo lang verschoven, tot deze juist 25 c.M. hooger wijst op de baak dan de middendraad, terwijl de onderste draad wordt gesteld op 25 c.M. beneden den middendraad. Als afstand tusschen den boven- en den onderdraad wordt nu op de baak 50 c.M. afgelezen, zijnde $^1/_{100}$ van den afstand van instrument tot baak. Bij dezen stand van het diaphragma moet dus de afgelezen afstand tusschen boven- en onderdraad steeds met 100 vermenigvuldigd worden om den

afstand van instrument tot baak te vinden. 1 c.M. op de baak geeft dus 1 M. op het terrein.

Men plaatst, na bovenstaande regeling, ter contrôle nog eens eene baak op 60 en op 40 M. afstand, ten einde na te gaan, of nu tusschen de uiterste draden respectievelijk 60 en 40 c.M. wordt afgelezen en dus inderdaad de verhouding 1 : 100 is. Bij deze contrôle mag niet meer dan hoogstens 2 millimeter verschil worden gevonden.

Bij den tachymeter worden gewoonlijk baken gebruikt, in dubbele centimeters verdeeld.

§ 109. **Afstandmeten bij horizontale vizierlijn.** Is het diaphragma van den afstandmeter van verstelbare draden voorzien en zijn deze gesteld voor eene verhouding van 1 : 100 tusschen baakaflezing en afstand, dan is het meten van dezen afstand bij *horizontalen* stand van de vizierlijn uiterst eenvoudig en zal na het voorgaande wel geene nadere verklaring meer behoeven.

Zijn de twee uiterste draden evenwel *niet* verstelbaar, dan is het vorenbedoelde verhoudingsgetal niet te wijzigen, dus *constant*, en moet deze constante voor elk instrument afzonderlijk worden vastgesteld.

Ten einde te kunnen nagaan, op welke wijze de waarde dezer constante wordt bepaald, geven we in fig. 85 eene schets

Fig. 85.

van den loop der lichtstralen, waarbij in A^1 het objectief is geplaatst, in M de baak, bij A, B en C de kruisdraden en in O de verticale as van het instrument. De te meten afstand is $M\ N = ij$. De vizierlijn $A\,A^1$, gaande door het optisch

middelpunt van het objectief, is gericht op punt R der baak, de draden B en C zijn respectievelijk gericht op Q en P. De lichtstralen uit P en Q, gaande door het buitenbrandpunt S, van de voorwerp-lens, worden volgens de lijnen C^1 C en B^1 B, evenwijdig met de vizierlijn, gebroken.

Deze lichtstralen zullen steeds door het brandpunt gaan, waaruit volgt, dat $\angle PSQ$, zijnde de tophoek van $\triangle SPQ$, steeds — voor alle afstanden — *constant* zal zijn. De horizontale afstand SR zal dus steeds evenredig zijn aan den afstand $PQ = h$ — de basis van $\triangle SPQ$ —. Wij mogen daarom stellen:

$$SR = A\,h,$$

waarin A eene *constante* voorstelt, *afhankelijk van den afstand der kruisdraden*, dus behoorende bij het instrument. Het is de waarde van deze constante, welke bepaald moet worden.

De afstanden a en b — wier som stel $= q$ — hangen af van de afmetingen van het instrument en zijn dus voor ieder instrument afzonderlijk te meten. Voor $NM = ij$ vinden wij nu:

$$\mathbf{ij = A\,h + p.}$$

Daar de driehoeken SPQ en SC^1B^1 gelijkvormig zijn, hebben wij verder, indien wij den afstand BC tusschen de uiterste draden $= d$ stellen:

$$\frac{hoogte}{basis} = \frac{A\,h}{h} = \frac{b}{d}$$

$$\text{of } A = \frac{b}{d}.$$

§ 110. De beide grootheden A en p kunnen worden gevonden òf door directe meting aan het instrument van de grootheden waarvan zij afhankelijk zijn, òf afgeleid uit het met den afstandmeter nameten van lijnen, welke op andere wijze — met meetveer of latten — reeds nauwkeurig zijn gemeten. Voor het bepalen van p volgt men gewoonlijk den eersten, voor A den tweeden weg.

Om p te bepalen, meet men afzonderlijk a en b. De waarde van a is dadelijk en op gemakkelijke wijze met een decimeter aan het instrument te bepalen. Om b te vinden, richt

men op een zeer verwijderd punt, waarna het diaphragma in het binnenbrandpunt der objectief-lens wordt gebracht. Daar de afstand van beide brandpunten tot het optisch middelpunt der lens gelijk is, vindt men de gevraagde maat voor *b* door meting van den afstand van diaphragma tot lens.

A wordt nu bepaald door met het instrument een afstand NM $(= ij)$ te meten, welke vooraf op het terrein nauwkeurig is opgemeten. Uit het voorgaande volgt:

$$A = \frac{ij - p}{h},$$

waarin *ij*, *p* en *h* dus alle bekend zijn en *A* onmiddellijk is te vinden.

Het verdient aanbeveling, de proef te herhalen tusschen de grootste en de kleinste lengten, welke gewoonlijk met den afstandmeter worden gemeten, en uit het gemiddelde de waarde van *A* te bepalen.

§ 111. **Afstandmeten bij hellende vizierlijn.** Indien de vizierlijn — gaande door A^1 en den middendraad (fig. 85)

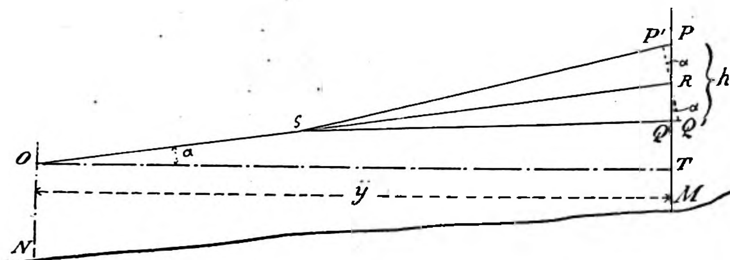


Fig. 86.

niet horizontaal is, doch met den horizon OT (fig. 86) een hoek α maakt, welke op den verticalen cirkelrand wordt afgelezen, dan wordt *ij* niet bepaald door de in § 109 gevonden formule: $ij = Ah + p$, doch ondergaat deze eenige wijziging.

In fig. 86 stelt OSR de vizierlijn voor, S het buitenbrandpunt der objectief-lens, $NM = ij$ den te meten afstand, SP en SQ lichtstralen, komende van de uiterste draden, na gebroken te zijn, in S. De aflezing h op de baak wordt voorgesteld door den afstand PQ. Wordt nu door R eene lijn P^1Q^1 loodrecht op SR getrokken en stellen we $P^1Q^1 = h^1$, dan is de schuine afstand $OR = Ah^1 + p$.

Daar $\angle PRP^1 = \angle QRQ^1 = \alpha$ is en de hoeken RP^1P en RQ^1Q — omdat de hoeken PRP^1 altijd zeer klein zijn — zeer weinig verschillen van 90°, mag men schrijven:

$$P^1R = PR \cos. \alpha \text{ en } Q^1R = QR \cos. \alpha$$

en dus na optelling $P^1Q^1 = h^1 = h \cos. \alpha$.

Voor den schuinen afstand volgt hieruit:

$$OR = Ah \cos. \alpha + p.$$

Om den horizontalen afstand ij te vinden, moeten we nog vermenigvuldigen met cos. α en vinden ten slotte:

$$\mathbf{ij = A\,h\cos^2\alpha + p\cos.\alpha}$$

§ 112. **Meting van hoogteverschillen.** Voor het waterpassen in *geaccidenteerd* (= heuvelachtig) terrein is de afstandmeter met voordeel aan te wenden, hoewel de uitkomst hierbij niet onmiddellijk door enkel aflezing wordt gevonden, doch uit eene formule moet worden afgeleid.

In fig. 86 is het voetpunt der baak gelegen op een afstand $MT = MR - RT$ beneden de draaiings-as van den kijker, d.i. het punt O.

MR stelt de aflezing op den middendraad voor (stel $= H$), terwijl RT bepaald moet worden uit den rechthoekigen driehoek ROT. In dezen driehoek is $OT = ij = Ah \cos^2\alpha + p \cos. \alpha$. De hoek α kan door directe aflezing op den verticalen rand worden gevonden.

Daar nu $RT = ij \operatorname{tg} \alpha$ is, vinden we, na substitueering der zooeven gevonden waarden:

$$RT = \operatorname{tg}\alpha\,(Ah\cos.^2\alpha + p\cos.\alpha) =$$
$$= Ah \sin.\alpha\cos.\alpha + p\sin.\alpha =$$
$$= {}^1/_2\,Ah\sin.\,2\alpha + p\sin.\,\alpha.$$

Het gevraagde hoogteverschil is dus gelijk aan:

$$\mathbf{H - ({}^1/_2\,A\,h\sin.\,2\alpha + p\sin.\,\alpha).}$$

§ 112a. **Centraliseerende lens. (Afstandmeter van Porro.)** De groote moeilijkheid bij het gebruik van den dradenafstandmeter is het telkenmale berekenen van de grootheden $A\,h \cos^2 \alpha + p \cos \alpha$ en $\frac{1}{2} A\,h \sin 2\,\alpha + p \sin \alpha$.

Eene groote vereenvoudiging kon nu te verkrijgen zijn door eene inrichting aan den kijker zoodanig aan te brengen, dat de constante $p = 0$ werd. Aan het slot van § 108 hebben wij reeds gezien, hoe het mogelijk is, van de waarde A een rond getal, bijvoorbeeld 100, te verkrijgen.

Bovengenoemde voordeelen kan men nu verkrijgen, door in den kijker eene *centraliseerende lens* aan te brengen, die zich tusschen de draden en het objectief op een bepaalden afstand van het objectief bevindt, en het punt, van waaraf de afstand evenredig is met de op de baak afgelezen hoogte h, naar het midden van het instrument verplaatst.

Om nu bij een instrument na te gaan, of inderdaad de waarde van de constante p nul is, dan wel zoo klein is geworden, dat zij verwaarloosd kan worden, moet de waarde p bepaald worden door aflezing op een zeer dichtbij geplaatste baak tot in 10de deelen van millimeters. Het verschil van de aflezingen der beide draden, vermenigvuldigd met A, moet dan gelijk zijn aan den afstand van de baak tot het midden van het instrument. Is dit niet het geval en bedraagt het verschil slechts eenige centimeters, dan kan dit bij de berekening der afstanden verwaarloosd worden.

De waarden $A\,h \cos^2 \alpha$ en $^1/_2\, A\,h \sin 2\,\alpha$ kunnen worden uitgerekend met behulp van daartoe ingerichte rekenlinialen of met daartoe ingerichte, dusgenaamde tachymeter-tafels.

§ 113. **Doel en inrichting der boussole.** De *boussole* bestaat uit eene cylindervormige doos, in het midden waarvan eene magneetnaald is aangebracht. Deze beweegt zich langs een, eveneens in de doos aangebrachten rondgaanden rand met verdeeling in halve en heele graden. De doos is met een glasplaatje afgedekt.

Staat de rand horizontaal, dan valt de naald juist samen met het vlak van den verdeelden rand en geeft gelegenheid om gemakkelijk af te lezen. De lijn, welke 0° en 180° verbindt, is, behalve door de cijfers, aangeduid door de letters N en Z.

Het gebruik der boussole berust op de eigenschap der

magneetnaald. Zij stelt ons in staat, het *azimuth* te meten van eene lijn. Hieronder verstaat men den hoek, dien de horizontale projectie dier lijn maakt met eene vaste lijn. Voor deze laatste neemt men gewoonlijk de richting Noord-Zuid (N.-Z.), d.i. de *ware meridiaan (geographische meridiaan)*, hoewel daartoe evengoed een andere lijn kan dienen, indien deze slechts een vasten hoek maakt met den waren meridiaan.

De magneetnaald neemt, indien zij zich in een horizontaal vlak vrij kan bewegen, eene bepaalde richting aan, welke *magnetische meridiaan* wordt genoemd. Met de boussole worden de azimuths ten opzichte van deze richting gemeten.

§ 114. **Declinatie van de magneetnaald.** De magnetische meridiaan maakt niet altijd en overal met den waren meridiaan denzelfden hoek. Daar deze hoek — *declinatie der magneetnaald* genoemd — aan vele veranderingen onderhevig is, is het niet mogelijk, met de boussole de azimuths nauwkeurig te meten, en is zij dan ook, als afzonderlijk instrument, voor nauwkeurige metingen ongeschikt. Als middel tot oriënteering op het terrein en voor globale of min-nauwkeurige opnemingen kan zij evenwel uitmuntende diensten bewijzen. Zij is daarom bij den tachymeter volkomen op hare plaats.

Omtrent de voorkomende veranderingen der declinatie deelen wij het volgende mede.

a. De declinatie verandert met de plaats.

In Europa en Afrika is de declinatie *westelijk*, in Amerika en een groot deel van Azië daarentegen *oostelijk*. Hier te lande neemt zij ongeveer af met 30″ per K.M., indien men zich *oostwaarts* en met 6″ per K.M., indien men zich *zuidwaarts* verplaatst. Zij heeft dus voor elke plaats eene verschillende waarde.

b. De declinatie is deels regelmatig (periodieke verandering), deels onregelmatig (storingen).

Door de periodieke verandering maakt de magneetnaald voor eene bepaalde plaats ten opzichte van den geographischen meridiaan eene uiterst langzame slingering, welke bij eeuwen geteld wordt. In het midden der 17e eeuw ongeveer was de declinatie hier te lande *nul* en groeide vervolgens westelijk aan tot een maximum van ongeveer 22° ; sedert is zij afnemende, bedroeg in 1897 plusminus 14° 5′ en toont nog jaarlijks eene vermindering van ongeveer 6′.

Deze verandering heeft dus weinig invloed op de meting, indien deze n.l. in betrekkelijk korten tijd is afgeloopen.

De *dagelijksche verandering* is van grooter invloed. Van des morgens 7 à 8 uur neemt voor Nederland de westelijke declinatie toe en bereikt omstreeks 1 à 2 uur des namiddags haar maximum; daarna neemt zij weer af, eerst vrij snel tot plm. 10 uur 's avonds, dan langzamer den geheelen nacht door tot 's morgens 7 à 8 uur, waarna de naald zich opnieuw in westelijke richting beweegt. De hierbedoelde beweging der magneetnaald strekt zich hier te lande *in den zomer* gemiddeld over een boog van 10'—12' uit, *in den winter* over een boog van ongeveer 4'—6'. Zij heeft plaats gedurende de meting, waardoor telkens het azimuth ten opzichte van eene andere lijn bepaald wordt. Daar het niet mogelijk is, deze veranderingen — door hare onregelmatigheid — in rekening te brengen, blijven de fouten, hierdoor ontstaan, in de uitkomsten der meting.

Magnetische storingen kunnen het gevolg zijn van noorderlicht, aardbeving, uitbarstingen van vuurspuwende bergen en andere natuurverschijnselen. Zij kenmerken zich, bij groote storingen, door groote onrust der naald. Het is wenschelijk, in zulke omstandigheden geene metingen te verrichten.

De aanwezigheid van ijzer in de nabijheid der magneetnaald geeft voorts merkbare afwijkingen. Zoo zijn in Zuid-Afrika op vermoedelijk ijzerhoudenden grond op afstanden van 100 en 150 M. verschillen van 7° en meer geconstateerd. Om dezelfde reden ontmoet men in de nabijheid der suikerfabrieken op Java merkbare afwijkingen.

Door de ligging der *Nederlandsche Oost-Indische bezittingen* in de nabijheid van den evenaar, alwaar de dagelijksche veranderingen en storingen in de declinatie minder gevoeld worden, oefenen die veranderingen minder invloed uit op de boussole-metingen, dan in de meer Noordelijk of Zuidelijk gelegen landen.

HOOFDSTUK XII.

BOUSSOLE-INSTRUMENTEN.

§ 115. **Landmeterskompas.** De eenvoudigste vorm van een boussole-instrument is afgebeeld in fig. 87*a* (z.g. landmeterskompas). Het bestaat uit een gewone doosboussole met *arrêteerbare* (van een pal voorziene) en op agaathoedje draaibare magneetnaald; verder uit een eenvoudige vizierinrichting met paardenharen as. De verzilverde ring (*roos*), waarop de graadverdeeling is aangebracht, maakt soms de bewegingen van de naald mede (z.g. *vlottende roos*), soms is zij vast aangebracht.

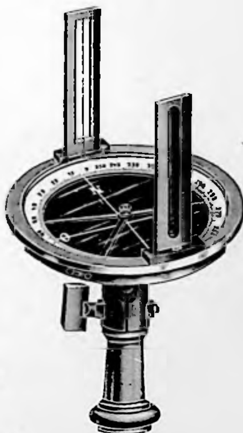


Fig. 87.

§ 116. **Schmalkalder-boussole.** Deze is voorgesteld in de fig. 87*) en 87*b*, waarvande constructie is alsvolgt (zie fig. 87*a*). In een messingen doos draait de magneetnaald *a* op van een agaat voorziene stalen stift *b*. In de doos is een vlotten-

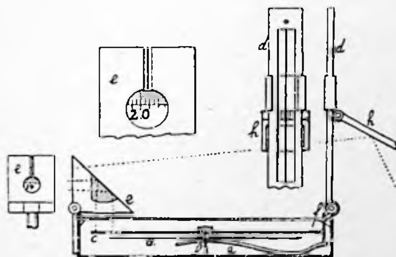


Fig. 87*a*.

*) Ontleend aan Buysman's Landm. & Waterpassen.

de verzilverde roos aangebracht met verdeeling in graden. De diameterlijn 0°—180° valt samen met de as van de naald, waarbij het cijfer 180 aan den kant der noordpool ligt. Als de naald dus vrij is, valt de vorengenoemde lijn samen met den magnetischen meridiaan.

Aan den rand van de doos is aangebracht een klep *d*, welke, òpstaande, als een met paardenhaar voorzien vizier dienst doet. Het andere vizier bestaat uit een driehoekig glazen prisma *e*, dat evenals het andere vizier wordt opgeklapt voor het gebruik; *e* is verder van een vizierspleet en een inrichting tot aflezen van den stand der naald voorzien.

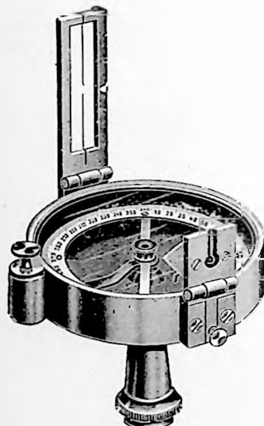


Fig. 87*b*.

§ 116*a*. Omtrent doel en inrichting der boussole en de magnetische eigenschappen van de magneetnaald is reeds in de paragrafen 113 en 114 het een en ander medegedeeld. Het o n d e r z o e k van het instrument moet zich allereerst uitstrekken over de gevoeligheid der magneetnaald en over den stand van het viziervlak ten aanzien van de as. Voor het eerste onderzoek richt men op een eenigszins verwijderd doel en leest men af, nadat de naald volkomen in rust is. Daarna draait men voorzichtig de boussole eenige graden heen en weer en richt ten slotte op hetzelfde punt. Is nu de naald rustig blijven staan en heeft zij nog denzelfden stand, dan mag men constateeren, dat zij de noodige gevoeligheid bezit.

Bij het onderzoek van het tweede punt gaat men als volgt te werk. Bij de boussole met eenvoudige vizierinrichting (fig. 87 en 87*b*) moet de vizierlijn evenwijdig loopen met de as. Dit onderzoekt men op gelijke wijze als bij het planchet met vizierliniaal, met deze wijziging, dat men in dit geval de as verticaal moet stellen in plaats van het planchet horizontaal.

De van een kijker voorziene boussole (fig. 87*c* en *d* en fig. 88)

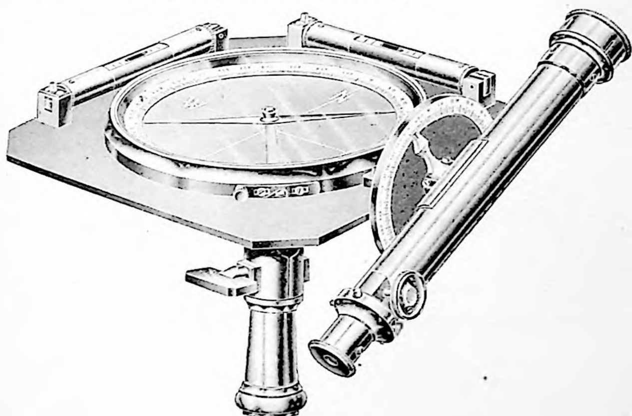


Fig. 87*c*.

moet aan dezelfde eischen voldoen als de theodoliet, terwijl ook het onderzoek op dezelfde wijze plaats heeft.

§ 116*b*. **Kijkerboussole.** De *kijkerboussole* (fig. 87*c*) is te beschouwen als een verbeterde constructie van het landmeterskompas. De inrichting blijkt voldoende uit de teekening.

De horizontaalstelling geschiedt door een kogelbeweging met klemschroef en de twee buisniveau's, die rechthoekig op elkaar staan op de bodemplaat van het instrument.

§ 116*c*. **Boussole-theodoliet.** Dit veelvuldig in gebruik zijnd instrument is afgebeeld in fig. 87*d*. De kijker is centrisch doorslaande. De optische as moet nauwkeurig samenvallen met de N.-Z.-lijn der boussole. De kijker is van afstandsdraden voorzien. Overigens bezit het instrument alle inrichtingen, die tot het vlug en accuraat werken vereischt zijn.

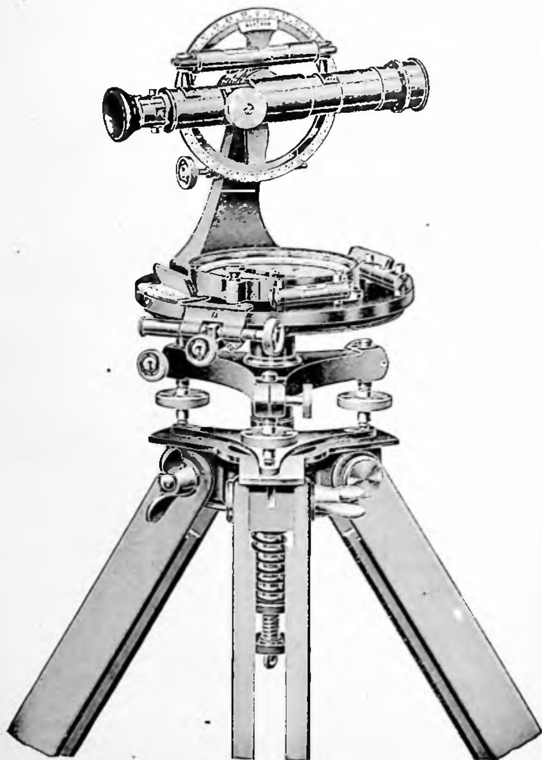


Fig. 87*d*.

Het instrument wordt gebruikt voor het uitzetten en meten van horizontale hoeken en azimuths, benevens voor het meten van verticale hoeken.

Het onderzoek heeft op dezelfde wijze plaats als bij den theodoliet met centrischen kijker.

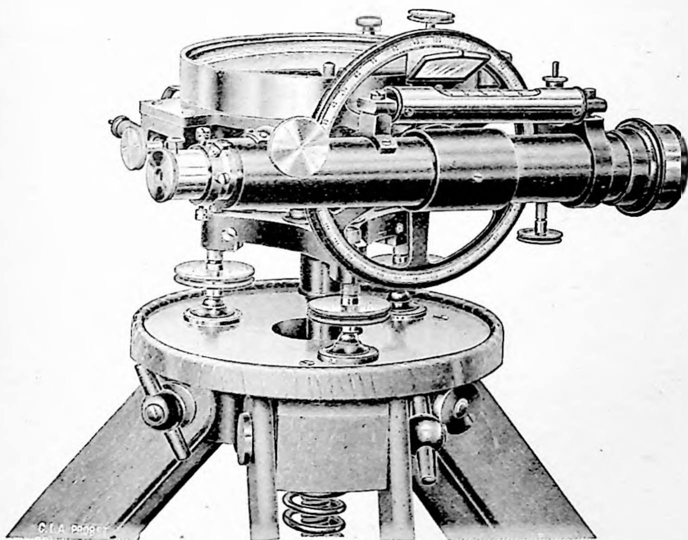


Fig. 88.

§ 116*d*. **Boussole Tranche Montagne** (fig. 88). Dit instrument wordt veelvuldig gebruikt in de tropen. Het is een boussole-theodoliet met excentrischen kijker en voorzien van afstandsmeter ten behoeve van het opmeten en in kaart brengen van hoogtelijnen *(tranches)* op bergen *(montagnes)* en heuvels. De horizontale cirkelrand is in één-derde graden verdeeld, de verticale cirkelrand heeft een middellijn van

10 c.M., is in halve graden verdeeld en voorzien van een nonius, die afleest tot op 1 minuut nauwkeurig. De optische as van den excentrischen, doorslaanden kijker loopt parallel met de Noord-Zuidlijn van de boussole.

Opstelling, onderzoek en regeling van dit instrument geschieden als bij den theodoliet is beschreven. De boussole is te onderzoeken volgens § 116*a*.

§ 116*e*. **Algemeene opmerkingen.** Daar de magneetnaald zeer gevoelig is in de nabijheid van ijzeren voorwerpen, is het een eerste eisch bij boussole-instrumenten, om alleen opnemingen te doen op ijzervrije punten. Men moet dus ook vermijden, ijzeren voorwerpen in den zak mede te dragen. Meetketting en andere ijzeren voorwerpen moet men tijdens de opneming ver van de magneetnaald verwijderd houden.

VIERDE AFDEELING.
Opmeten en Uitzetten.

HOOFDSTUK XIII.
ALGEMEENE GANG DER METING

§ 117. **Algemeene opmerkingen.** Onder *opmeten* verstaat men het op het terrein opnemen van zoodanige maten en hoeken, dat men in staat is, naar deze opneming van het terrein eene *kaart* te maken. Wij brengen hierbij dus de opgenomen gegevens op het papier.

Het doel van het *uitzetten* daarentegen is, de vooraf op eene kaart of teekening geprojecteerde lijnen, hoeken of bogen over te brengen op het terrein.

Onder eene *kaart* van een terrein wordt verstaan eene op zekere schaal geteekende verkleinde projectie van dat terrein op een plat en horizontaal vlak.

De mindere of meerdere nauwkeurigheid van de kaart hangt dus in de eerste plaats af van de mindere of meerdere nauwgezetheid, waarmede de opmetingen worden verricht; in de tweede plaats van de nauwkeurigheid, waarmede men de opgenomen gegevens op het papier overbrengt.

Van het *doel*, waarvoor de kaart zal worden gebruikt, hangt het af, welke mate van nauwkeurigheid men moet trachten te bereiken.

§ 118. Bij elke opmeting van eenige beteekenis moet men steeds *van het groote in het kleine meten;* d.w.z. dat men eerst het terrein in groote stukken (meetkundige figuren met rechte grenslijnen) moet verdeelen, welke op doelmatige wijze aan elkander sluiten, om deze stukken met de grootste nauwkeurigheid in kaart te brengen, alvorens men beginnen kan met de meting der kleinere stukken (*détailmeting*). Door deze verdeeling wordt het zoogenaamde *net* verkregen.

Alleen met deze wijze van werken is het mogelijk, betrouwbare uitkomsten te verkrijgen, en wordt eene gelijkmatige nauwkeurigheid in alle deelen van het net verkregen, doordat de fouten, welke bij elke meting worden begaan, zich niet nadeelig ophoopen in eenig gedeelte van de kaart.

§ 119. **Methoden.** De opmeting van het net, zoowel als van de détails, heeft plaats volgens verschillende methoden, waarvan de voornaamste hieronder worden uiteengezet.

1°. *De coördinaten-methode.*

Indien in fig. 89 *A, B, C en D* punten voorstellen, welke men wenscht op te nemen, dan kan men uit die punten op eene willekeurig aangenomen *meetlijn O P* loodlijnen *Aa, Bb, Cc* en *Dd* neerlaten. Meet men daarna de lengten dier loodlijnen, benevens de afstanden *ab, bc* en *cd* tusschen de voetpunten dier lijnen, dan is men in staat, de punten *A, B, C* en *D* in teekening te brengen en bezit men bovendien alle gegevens om de lijnen *A B, B C* en *C D*, alsook de hoeken *A B C* en *B C D* te berekenen.

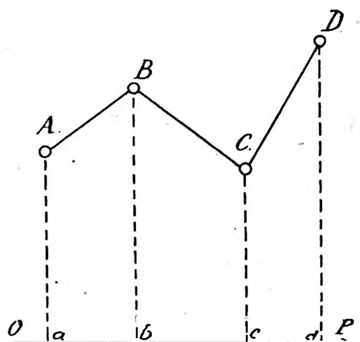


Fig. 89.

2°. De *voerstraalmethode.*

Bij deze methode (zie fig. 90) worden de op te nemen punten *A, B, C* en *D* achtereenvolgens vastgelegd aan een *centraalpunt* O, liggende in eene willekeurige lijn *P O*, waarna men de hoeken *A O P, B O P, C O P* en *D O P* meet, benevens de afstanden *A O, B O, C O* en *D O*.

3°. De *basis-methode.*

Hierbij wordt eene willekeurige lijn (fig. 91) als basis aan-

genomen en worden aan de punten *O* en *P* van die lijn achtereenvolgens de op te meten punten *A*, *B*, *C* en *D* vastgelegd.

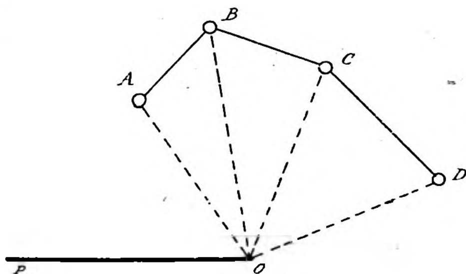


Fig. 90.

De lengte der basis wordt nauwkeurig gemeten, alsook uit *O* de hoeken: *A O P*, *B O P*, *C O P* en *D O P* en uit *P* de hoeken *A P O*, *B P O*, *C P O* en *D P O*.

4°. De *driehoeksmethode* (fig. 92).

De op te nemen punten worden hier door de lijnen *A B*,

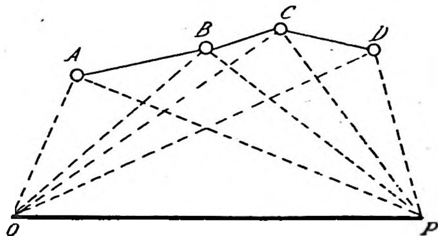


Fig. 91.

B C, *C D*, *C G*, *A G* enz. tot een stelsel van driehoeken verbonden, waarvan eene der verbindingslijnen *A B* tot basis dient voor het geheele driehoeksnet. Deze basis wordt gemeten,

benevens alle hoeken. De overige afstanden worden hieruit door berekening gevonden.

5°. De *veelhoeksmethode*.

Bij deze methode worden de punten tot een gesloten (fig. 93) of een open (fig. 94) veelhoek vereenigd. De betrekkelijke ligging der punten wordt bepaald door het meten van de onderlinge afstanden der punten en van de hoeken, welke in die punten tusschen de veelhoekszijden worden gevormd.

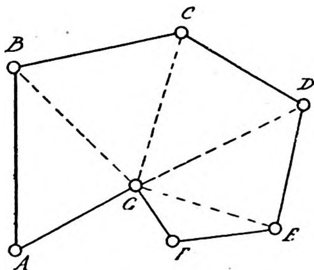


Fig. 92.

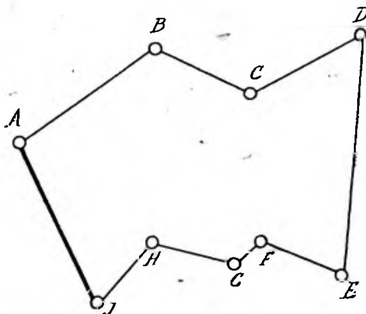


Fig. 93.

§ 120. De sub 1, 2 en 3 genoemde methoden vinden hoofdzakelijk toepassing bij de détailmeting. Voor kleine situaties wordt meestal de coördidinaten-methode toegepast. Voor metingen van het net zijn de driehoeks- en veelhoeksmethoden aangewezen.

De eerste heeft daarbij veel op de laatstgenoemde voor. Het berekenen van de gegevens toch uit enkele afstandsmeting en uit de opgenomen hoeken vordert minder tijd en is veel betrouwbaarder dan het meten van zeer vele afstanden op het terrein, zooals bij de veelhoeksmethode wordt gevorderd.

Alleen op bedekte terreinen, waar uit den aard der zaak

geen of althans moeilijk een driehoeksnet is aan te brengen, kan men gewoonlijk langs paden en wegen toch nog een veelhoek ontwerpen.

Waar de omstandigheden zulks gedoogen, is het echter gewenscht, steeds de driehoeksmethode toe te passen.

§ 121. Het in teekening brengen van het terrein geschiedt het best in dezelfde volgorde, als waarin het is opgenomen. Bij de opneming maakt men van het terrein een zoo nauwkeurig mogelijke schets, waarop men onmiddellijk de verkregen maten van afstanden en hoeken inschrijft. Voor het teekenen

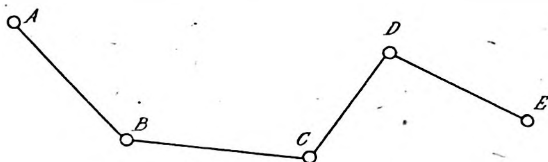


Fig. 94.

en berekenen is het altijd gewenscht, een dag te nemen, waarop de weersgesteldheid niet toelaat in het veld te werken.

Bij het gebruik van het planchet wordt de teekening onmiddellijk op het terrein vervaardigd, terwijl ook de te berekenen afstanden in 't veld worden vastgesteld en op de teekening aangebracht, waardoor het groote voordeel verkregen wordt, dat geene oploopende fouten van teekening te vreezen zijn. Een ander voordeel is, dat men onafhankelijk is, voor het hoofdnet, van krimpen en rekken van het papier, waarop natuurlijk de weersgesteldheid grooten invloed heeft. Daartoe trekt men ook op het geheele blad onmiddellijk een net van kwadraten.

Voor het in teekening brengen van het net, indien dit van eenige uitgebreidheid is, verdient het de voorkeur, de coördinaten van alle hoekpunten te berekenen ten opzichte van een rechthoekig assenstelsel en die punten daarna met behulp van die coördinaten in teekening te brengen.

Daar het aantal punten van het net altijd betrekkelijk gering

is, levert het berekenen der coördinaten geen overwegend bezwaar op, terwijl het groote voordeel verkregen wordt, dat de fouten zich niet nadeelig ophoopen in een bepaald gedeelte der teekening.

Het in teekening brengen van de détail-opneming geschiedt evenwel op de gewone wijze, aangezien het groot aantal punten een zeer uitgebreide berekening van coördinaten zou vereischen.

Daar het berekenen der coördinaten buiten het bestek van ons boekje valt, verwijzen wij hiervoor naar uitgebreider werken.

§ 122. Om te weten, op welke wijze een terrein het doelmatigst en gemakkelijkst kan worden opgenomen, of, wat hetzelfde is, om de punten van het net te kunnen bepalen, moet men zich van zijne gesteldheid goed op de hoogte stellen, door het in alle richtingen te verkennen.

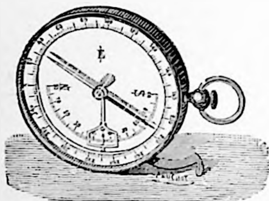


Fig. 95

Zijn reeds kaarten van het terrein aanwezig, dan kunnen deze, ook al zijn ze niet al te nauwkeurig, hierbij uitstekende diensten bewijzen. Op deze kaarten kan men dan het net ontwerpen.

Bij het ontbreken van eene zoodanige kaart moet men zulks doen op eene zoo goed mogelijk op het oog vervaardigde schets, waarop de voornaamste wegen, huizen, grensscheidingen enz. „op den pas" worden geteekend.

Eene *zakboussole* (fig. 95) kan daarbij van veel nut zijn voor het opnemen van enkele hoeken.

Is men nu in het bezit van eene behoorlijke kaart of schets gekomen, dan ontwerpt men hierop het net voor de opmeting. Daar dit gewoonlijk een driehoeksnet zal zijn, zoekt men op het terrein de meest geschikte punten voor een basis en stelt de uiteinden daarvan vast door het plaatsen van jalons of lange sparren. Moeten de punten voor langen tijd dienst doen, dan moet men de sparren ongeveer een Meter in den grond graven en aan den voet van een paar schoren, tegen het uit de

loodlijn waaien, voorzien. Om den opgerichten staak steeds gemakkelijk te kunnen herkennen, kan men hem van een vlag, mand of kruis voorzien. Het vastleggen der overige gekozen punten van het net geschiedt op overeenkomstige wijze.

Heeft men op deze wijze alle punten behoorlijk op het terrein aangegeven, dan is het noodzakelijk, ze nog eens één voor één na te gaan, om zich er van te verzekeren, dat ze aldus kunnen worden behouden. Blijkt het, dat in een of ander opzicht eene wijziging der opneming ten goede zal komen, dan moet deze wijziging alsnog worden aangebracht.

Eerst daarna kan met het opmeten van het net worden aangevangen.

HOOFDSTUK XIV.

BEREKENING DER DRIEHOEKEN.

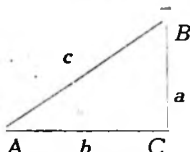
§ 123. **Berekening van den rechthoekigen driehoek.** Fig. 96.

Ofschoon het berekenen der driehoeken behoort tot het gebied der *trigonometrie*, komt het ons nuttig voor, hier de voornaamste formules in herinnering te brengen, welke bij het berekenen der ontbrekende gegevens van een driehoek worden gebruikt.

Zooals bekend is, zijn voor het berekenen der elementen van elken driehoek *drie onderling onafhankelijke gegevens* noodig.

In onderstaande staten hebben wij de te bezigen formules aangegeven.

Fig. 96.



Gegeven	Gevraagd	OPLOSSING
a. b.	A.B.c.	tang. $A = \frac{a}{b}$; tang. $B = \frac{b}{a}$; $c = \sqrt{(a^2 + b^2)}$.
a. c.	A.B.b.	sin. $A = \frac{a}{c}$; cos. $B = \frac{a}{c}$; $b = \sqrt{(c^2 - a^2)}$.
a. A.	b. c.	$b = a$ cot. A; $c = \frac{a}{\text{sin. } A}$.
b. A.	a. c.	$a = b$ tang. A; $c = \frac{b}{\text{cos. } A}$.
c. A.	a. b.	$a = c$ sin. A; $b = c$ cos. A.

§ 124. Wanneer een der scherpe hoeken van den rechthoekigen driehoek weinig minder dan 90° bedraagt (de andere

dus bijna 0° is), zijn de vorenstaande formules ongeschikt voor het berekenen en gebruikt men de onderstaande formules voor den halven of het dubbele van den hoek.

$$\sin. \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\frac{c-b}{2c}}\,;\ \cos. \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\frac{c+b}{2c}}\,;\ \text{tang.}\ \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\frac{c-b}{c+b}}$$

of

$$\sin. 2B = \frac{2ab}{c^2}\,;\ \cos. 2B = \frac{a^2-b^2}{c^2}\,;$$

$$\text{tang.}\ 2B = \frac{2ab}{a^2-b^2}.$$

§ 125. **Berekening van den scheefhoekigen driehoek.** Fig. 97.

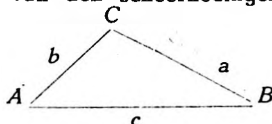


Fig. 97.

Gegeven	Gevraagd	OPLOSSING
a. b. c.	A. B. C.	$s = \frac{a+b+c}{2}$; $\sin. \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\left[\frac{(s-b)\,(s-c)}{b\,c}\right]}$ $\cos. A = \frac{b^2+c^2-a^2}{2\,b\,c}$; $\cos. \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\left[\frac{s(s-a)}{b\,c}\right]}$
a. b. C.	c. A. B.	$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos. C.$ $\cot. A = \frac{b - a\cos. C}{a \sin. C}$; $\cot. B = \frac{a - b\cos. C}{b \sin. C}.$
a. c. C.	b. A. B.	$\sin. A = \frac{a \sin. C}{c}$; $B = 180° - A - C.$ $b = \frac{c \sin. B}{\sin. C}.$
a. B. C.	b. c. A.	$A = 180° - B - C.$ $b = \frac{a \sin. B}{\sin. A}$; $c = \frac{a \sin. C}{\sin. A}.$
a. A. B.	b. c. C.	$C = 180° - A - B.$ $b = \frac{a \sin. B}{\sin. A}$; $c = \frac{a \sin. C}{\sin. A}.$

§ 126. Problema van Snellius.

Met het problema van Snellius is men in staat, de afstanden van een punt tot de *ontoegankelijke* hoekpunten van een driehoek, waarvan alle elementen volkomen bekend zijn, te berekenen.

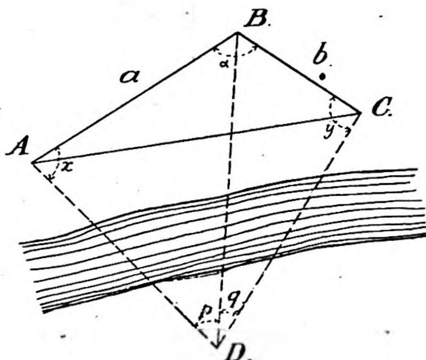


Fig. 98.

Het kan bij het berekenen van een driehoeksnet van veel nut zijn.

Zij in fig. 98 ABC de bekende driehoek en D het punt, van waaruit men de hoeken p en q kan meten.

Gevraagd worden de afstanden AD, BD en CD.

Voor de berekening dienen ons de volgende formules.

Heeft men genomen: $\frac{a \text{ sin. } q}{b \text{ sin. } p} = \text{tang. } \varphi$ en

$$180° - \tfrac{1}{2}(\alpha + p + q) = \beta = \tfrac{1}{2}(x + ij),$$

dan is: $\text{tang. } \tfrac{1}{2}(x - ij) = \text{tang. } \beta \text{ tg. } (45° - \varphi)$

$$x = \beta + \tfrac{1}{2}(x - ij) \qquad ij = \beta - \tfrac{1}{2}(x - ij)$$

$$\text{en } AD = \frac{a \text{ sin. } (p + x)}{\text{sin. } p}.$$

$$BD = \frac{a \text{ sin. } x}{\text{sin. } p} = \frac{b \text{ sin. } ij}{\text{sin. } q}.$$

$$CD = \frac{b \text{ sin. } (q + ij)}{\text{sin. } q}.$$

HOOFDSTUK XV.

OPNEMEN.

§ 127. **Opnemen van lengte- en dwarsprofielen.** De doorsnede van het terrein met een verticaal vlak noemt men een *lengteprofiel.* De doorgang van dit vlak met een horizontaal vlak kan zijn eene gebroken, gebogen of rechte lijn.

De doorsnede van het terrein met een plat verticaal vlak, dat loodrecht staat op het lengteprofiel, heet een *dwarsprofiel.*

§ 128. Het opnemen van een lengteprofiel heeft ten doel, eene juiste voorstelling te verkrijgen van de ligging van het oppervlak van het terrein ten opzichte van een waterpasvlak, dat door het peil gaat.

De opneming geschiedt voor het grootste deel met het waterpasinstrument. Alvorens echter met waterpassen te kunnen aanvangen, worden op het terrein in de gewenschte richting *hoofdpiketten* uitgezet op afstanden van 100 M. (hectometerpiketten), welke genummerd worden (b.v. met Piket 0, Piket 1, P. 2, P. 3 enz.). Hiertusschen worden in dezelfde richting *tusschenpiketten* geplaatst op afstanden van 25 M., welke genummerd worden: + 25, + 50 en + 75. Is het om de eene of andere reden niet mogelijk een 100 M.-piket te plaatsen, dan neme men een afstand van b.v. 80 of 90 M. en mete den afstand tot het volgend piket respectievelijk 20 of 10 M. langer. Door aldus te handelen, kan men de afstanden van 100 M. steeds doortellen.

Sterk sprekende punten van het terrein in verticalen zin (*knikpunten*) worden mede aangeduid door een piket, dat eveneens genummerd wordt als een tusschenpunt. De opneming der punten geschiedt nu als in Hoofdstuk VI reeds is beschreven. De uitkomsten der waterpassing worden op het aldaar gegeven model van een waterpasstaat genoteerd. Het is gemakkelijk, voor eenig belangrijk werk deze staten in een boekje met stevigen omslag te laten drukken.

Komen in het lengteprofiel wegen, grensscheidingen, kanalen of rivieren voor, dan moeten ook van deze de grenspunten worden aangemeten en gewaterpast. Zij worden als tusschenpunten genoteerd en in de rubriek „Opmerkingen" zoo noodig nader omschreven.

Ten einde contrôle te hebben op de uitkomsten der waterpassing, is het gewenscht, eene terugwaterpassing te verrichten over de hoofdpiketten. Eene andere contrôle heeft men, door tusschen elke twee hoofdpunten het instrument op twee verschillende hoogten op te stellen en dus op elke voor- en achterbaak twee aflezingen te doen. Men kan dan onmiddellijk nagaan, of de verschillen tusschen de aflezingen op beide baken dezelfde zijn.

§ 129. Het lengteprofiel ten behoeve van den bouw van spoor- of tramwegen wordt genomen in de vooraf op het terrein ingemeten en nauwkeurig uitgezette as van de spoorbaan. De dwarsprofielen worden, ten einde ze dienstbaar te doen zijn voor de grondberekening, op regelmatige afstanden, b.v. om de 100 of 200 M., genomen.

Tijdens de waterpassing van het lengteprofiel worden achtereenvolgens alle belangrijke en noodige gegevens opgenomen, zooals b.v. de bodemdiepte van kanalen, rivieren of slooten, eventueele profielen van den doorgang van een kanaal, rivier of sloot; indien het te voorzien is, dat daarin een kunstwerk moet worden gebouwd: de hoogte van den waterstand, de onderkant der liggers van bestaande en in de as of in de nabijheid gelegen bruggen, de hoogte- en zijpunten van wegen, dijken of bermen, enz.

In het waterpasboekje worden tevens van de belangrijkste overgangen etc. schetsen gemaakt.

Op geschikte plaatsen, zooals op de vleugels van bruggen, hoeken van huizen en in de nabijheid van eventueel te bouwen kunstwerken, worden dadelijk vaste merken aangebracht, waarvan in de kolom „Opmerkingen" van het waterpasboekje, zoo noodig, eene duidelijke en volledige omschrijving wordt gegeven, om het weervinden gemakkelijk te maken.

§ 130. **Dwarsprofielen** worden, zoo ze niet al te uitgebreid zijn, gelijktijdig met het lengteprofiel opgenomen. De lood-

rechte richting op het lengteprofiel, waarin het dwarsprofiel ligt, wordt op het oog aangegeven. De verschillende punten worden b.v. met letters aangeduid en in de kolom der tusschenpunten opgenomen. Men maakt dadelijk in het boekje eene schets van het opgenomen dwarsprofiel, waarin men de afstanden der punten noteert ten opzichte van het nulpunt, d. i. het punt, waardoor het lengteprofiel gaat. Op deze schets worden boomen, heggen, hekken, gebouwen enz. aangegeven. In de figuren 99 en 100 geven we een paar voorbeelden.

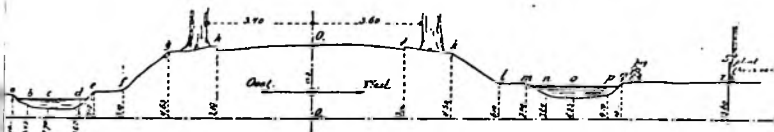


Fig. 99.

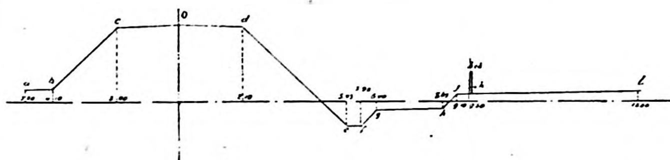


Fig. 100.

§ 131. Bij uitgebreide dwarsprofielen is het meestal gewenscht, deze later op te nemen, daar zij anders te veel tijd vorderen. Voor nauwkeurig werk dient de richting, waarin ze opgenomen zullen worden, met een instrument te worden uitgezet, waarbij vooral het prisma van Bauernfeind goede diensten kan bewijzen. De punten moeten dan worden vastgelegd door piketten te plaatsen.

De hoogte der piketten wordt bepaald naar de hoogte van een piket voor het lengteprofiel. De noteering geschiedt het best in een afzonderlijk boekje, opdat men dan bij het teekenen de gegevens van lengte- en dwarsprofiel gemakkelijker kan vergelijken. Elke schets van een dwarsprofiel wordt

voorzien van een opschrift, aanduidende de plaats, waar het is genomen, b.v. „Dwarsprofiel bij piket 36 + 42" ; dit beteekent dan, dat het profiel genomen is tusschen P. 36 en P. 37 op 42 M. afstand van P. 36.

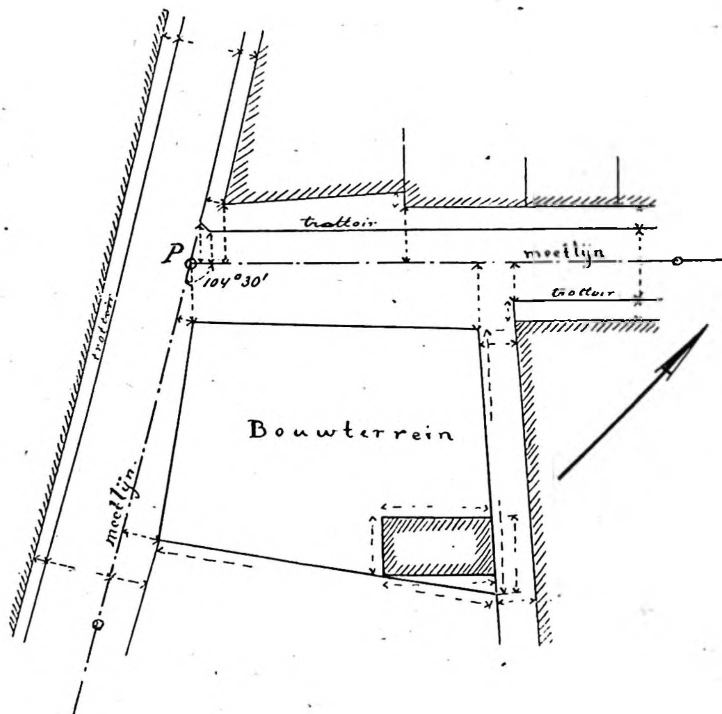


Fig. 101.

§ 132. Opnemen van eene situatie.

Onder eene *situatie* verstaat men meer bepaald een kaartje

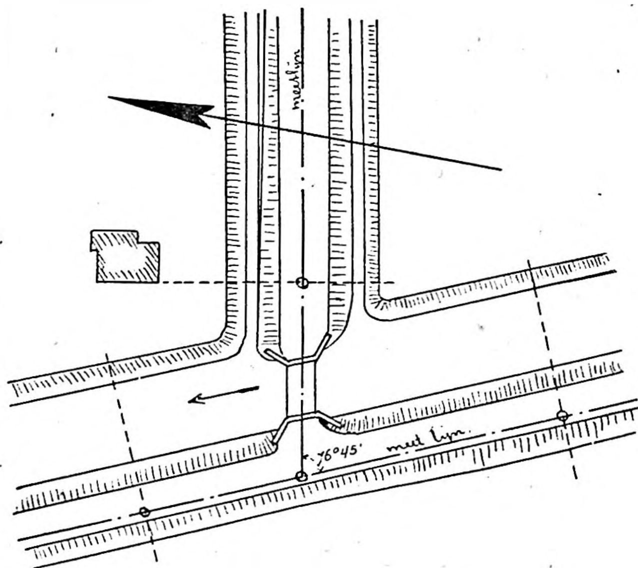


Fig. 102.

op niet te kleine schaal (b.v. 1 op 1000) van een niet te groot terreingedeelte. Eene situatie heeft men in den regel noodig bij het ontwerpen van kunstwerken of gebouwen.

In de figuren 101 en 102 geven wij een paar voorbeelden van de wijze, waarop zulk eene opneming wordt geschetst en maten enz. worden ingeschreven. Het is gewenscht, voor het inschrijven der maten in de schetsen zich aan vaste regels te houden. Hiervoor zou men bij voorbeeld kunnen nemen (zie ook fig. 102 *a* en *b*):

1. De afstanden worden gemeten van af het nulpunt en de maten worden in de figuur geschreven haaks op de richting der meting.

2. De totale lengte eener meetlijn onderstreept men dubbel (fig. 102*a*); de maten, die betrekking hebben op snijpunten van meetlijnen, enkel (fig. 102*b*).

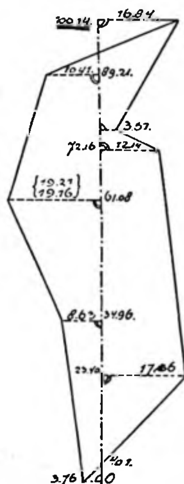


Fig. 102*a*.

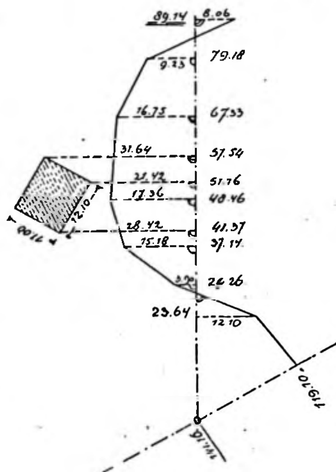


Fig. 102*b*.

3. Tweemaal gemeten lengten schrijft men onder elkaar en verbindt men met een accolade (fig. 102*a*).

4. De lengten der coördinaten van gemeten punten zijn in te schrijven in de meetrichting.

5. Rechte hoeken, met het instrument uitgezet, worden in de figuur door een dubbel boogje aangegeven; op het oog uitgezette hoeken door een enkel boogje.

In fig. 101 is de eene meetlijn samenvallend met den kant

van het trottoir gekozen. De andere maakt in *P* met deze een hoek van 104° 30′. Met de hier genoteerde gegevens is men in staat, het bouwterrein in teekening te brengen. Door het te verdeelen in driehoeken, is, zoo noodig, de inhoud gemakkelijk te berekenen.

In fig. 102 is als hoofdmeetlijn aangenomen de as van de bestaande brug. De andere meetlijn maakt met de eerste een hoek van 76° 45′.

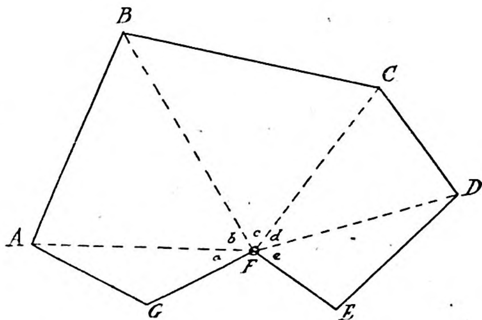


Fig. 103.

§ 133. **Opnemen van perceelen.** Het opnemen van perceelen kan in den regel op zeer eenvoudige wijze geschieden. Meestal is het doel der opneming het bepalen van de oppervlakte van het perceel.

Zij b.v. de opneming gevraagd van een vlak perceel, als voorgesteld in fig. 103, dan verdeelt men het perceel van uit een centraalpunt, b.v. *F*, in driehoeken en meet achtereenvolgens de hoeken *G F E*, *a*, *b*, *c*, *d*. Den hoek *e* kan men berekenen door aftrekking van de som der gemeten hoeken van 360°. Het is echter gewenscht, ter contrôle, *berekening* èn *meting* van dezen hoek uit te voeren.

Vervolgens meet men de lijnen *G F*, *A F*, *B F*, *C F*, *D F* en *E F*. Op deze wijze heeft men alle gegevens voor het in

teekening brengen, en het berekenen van den inhoud, van het perceel gevonden.

Deze wijze van opneming heeft het nadeel, dat de eventueel

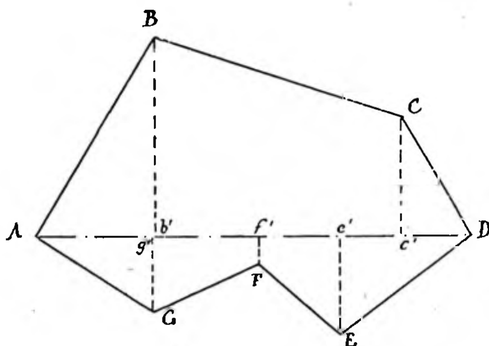


Fig. 104.

begane fouten zich alle ophoopen in één gedeelte der teekening. Ook is voor het meten der hoeken een nauwkeurig instrument noodig, dat men niet altijd tot zijne beschikking heeft.

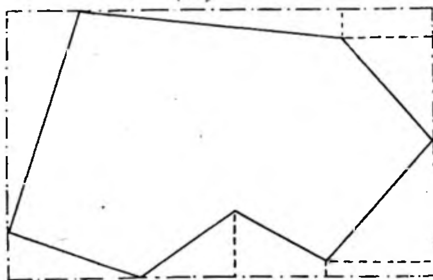


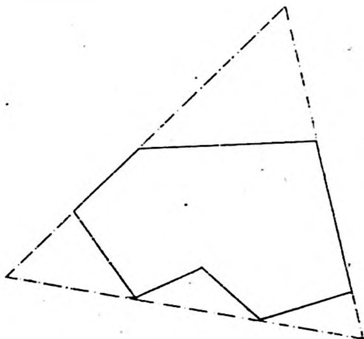
Fig. 105.

Ten slotte ook eischt het berekenen van den inhoud van elken driehoek uit twee zijden met den ingesloten hoek veel tijd.

§ 134. Indien daarom het terrein toegankelijk is, doet men beter, eene rechte meetlijn aan te brengen tusschen de daarvoor het gunstigst gelegen punten, in fig. 104 de punten A en D. Hierop richt men uit de punten B, C, E, F en G loodlijnen op en meet de lengte dezer loodlijnen, benevens die der afstanden tusschen de eindpunten der meetlijn en de voetpunten dier loodlijnen. Aldus te werk gaande, kan de opneming plaats hebben door middel van meetlatten en équerre, spiegelkruis of prisma.

De berekening van den inhoud is ook zeer eenvoudig, daar men slechts met trapeziums en driehoeken te doen heeft.

§ 135. Stelt het in figuur 105 geschetste terrein een geheel ontoegankelijk perceel voor, b.v. een bosch, dan kan men de opneming eveneens bewerkstelligen, op eenvoudige wijze, door nl. buiten de grenzen een vierhoek te meten. Is men in de gelegenheid, enkele hoekpunten van het perceel in de zijden van den vierhoek te doen vallen en de hoeken van dien vierhoek recht te nemen — zooals in onze figuur — dan is de opneming en berekening van den inhoud al zeer gemakkelijk; de figuur zal wel geen nadere toelichting behoeven.


Fig. 106.

§ 136. In sommige gevallen verdient het de voorkeur, een hulpdriehoek om het perceel uit te zetten, zooals in fig. 106 is voorgesteld. Het spreekt vanzelf, dat deze driehoek eerst

geheel en nauwkeurig moet worden gemeten, vóór men met de aanmeting der détailpunten kan aanvangen.

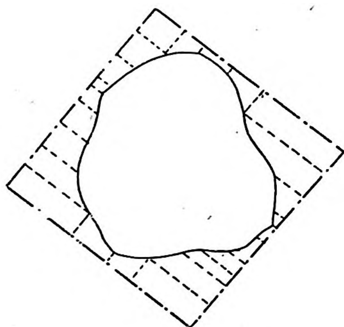


Fig. 107.

§ 137. Na het voorafgaande zal het duidelijk zijn, dat men op gelijke wijze gemakkelijk ontoegankelijke of toegankelijke terreinen met *gebogen* grenslijnen in teekening kan brengen. (Zie figuur 107 en figuur 108.)

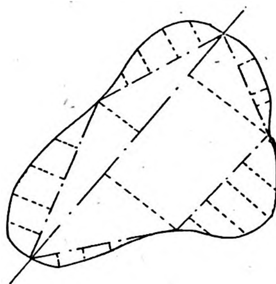


Fig. 108.

Het berekenen van den inhoud van dergelijke terreinen vereischt echter eene omslachtige becijfering, die maar zeer betrekkelijk nauwkeurig is. Het is daarom bij belangrijke berekeningen gewenscht, den inhoud te bepalen door middel van een instrumentje, waarvan wij in de volgende paragraaf een beschrijving geven.

HOOFDSTUK XVI.

BEPALEN VAN INHOUDEN DOOR METING OP DE KAART.

§ 138. **Pool-planimeter.** Tot het mechanisch bepalen van den inhoud van eenig perceel, heeft men instrumentjes uitgedacht, welke den naam van *planimeter* dragen. De eenvoudigste en meest gebruikelijke is de *pool-planimeter*, waarvan we in fig. 109 eene afbeelding geven.

Aan een huls D, waardoor de rolarm C glijden kan, zit een scharnier voor den poolarm A. De laatste draagt aan het einde de poolstift, welke in het papier vastgedrukt en door het gewicht B op haar plaats gehouden wordt. Het eene uiteinde van den rolarm houdt de stift H, waarmede men den omtrek van de te berekenen figuur moet doorloopen. De huls D, waardoor de arm C gaat, is verstelbaar en voorzien van eene micrometerschroef F en eene klemschroef E. Onder de huls D bevindt zich een rolletje, 'twelk op het papier komt te rusten en dat door beweging van de stift H ronddraait. De omdraaiing van dit rolletje is evenredig aan den inhoud der figuur, waarvan de omtrek door de stift H wordt doorloopen. Om den inhoud te kunnen vinden, moeten we de omdraaiing van het rolletje kunnen aflezen en de uitkomst met een zekeren coëfficiënt vermenigvuldigen. Daartoe is aan het rolletje een trommel aangebracht, welke in 100 deelen is verdeeld, terwijl er naast een indexstreep en nonius is geplaatst. Men kan hierop dus de onderdeelen der omdraaiing aflezen. De geheele omdraaiingen worden afgelezen op het horizontale schijfje onder de huls D, dat door eene schroef zonder eind wordt bewogen en waartegenover eene indexstreep is geplaatst. In onze figuur staat dit schijfje op het nulpunt. Met het schroefje G kan men het meer of minder vlug ronddraaien van het rolletje regelen. De rolarm C is van eene schaalverdeeling voorzien. Deze dient om, in verband met de schaal der teekening van de te berekenen figuur, den

Fig. 109.

poolarm A op verschillende punten van den rolarm C te kunnen instellen.

§ 139. Het gebruik van het instrumentje nu is zeer eenvoudig. Men zet de pool vast op het vlak der teekening, doch op een zoodanig punt buiten de figuur, dat men met de stift H gemakkelijk den geheelen omtrek der figuur kan volgen. Daarna plaatst men de stift in een zeker punt van den omtrek der figuur en noteert den stand der aflezingen op het wieltje en het rondsel. Alsnu volgt men met de stift H nauwkeurig den omtrek van de figuur, tot men ten slotte in het eerstgenoemde punt weer uitkomt, en noteert wederom de aflezing op de

wieltjes. Door het verschil dier aflezingen te vermenigvuldigen met den vorenbedoelden coëfficiënt, wordt onmiddellijk de inhoud der figuur gevonden.

Bij rechtlijnige figuren is het gewenscht, de stift langs eene liniaal, welke nauwkeurig langs de te doorloopen lijn der figuur wordt gelegd, te bewegen.

Indien de pool buiten de figuur kan worden gesteld, wordt de inhoud bepaald door de formule:

$$I = A\,U,$$

waarin U het verschil der aflezingen en A den coëfficiënt voorstelt. Deze constante is dus gelijk aan $\frac{I}{U}$. Zij kan daarom worden bepaald, door eene figuur van bekenden inhoud te meten.

Het is wenschelijk, elke figuur twee malen te meten, ééns rechts en ééns links omgaande, en het gemiddelde van beide waarden te nemen.

§ 140. Bij het meten met den pool-planimeter kan de pool ook binnen de figuur gelegen zijn. De inhoud wordt in dit geval uitgedrukt door de formule:

$$I = A\,U + B,$$

waarin B een constante is, die bij de uitkomst $A\,U$ moet worden opgeteld. Deze constante wordt eveneens gevonden door het meten van eene figuur met bekenden inhoud.

Het meten met de pool *binnen* de figuur wordt zelden toegepast, aangezien de uitkomst met dezen stand minder nauwkeurig is. Eene geringe verschuiving toch van het rolletje in de richting van hare as, kan de constante B sterk doen veranderen. Het verdient daarom aanbeveling, deze constante opnieuw te bepalen, vóór men eene meting begint.

Figuren van bekenden inhoud voor 't onderzoek en de regeling van den planimeter en van de constante A vindt men door middel van de proefplaat, die bij het instrument wordt geleverd en waarop een cirkel van bekend gestelden inhoud gegrift is. Ook wordt bij het instrumentje wel eene proefliniaal gevoegd, waarmede cirkels van bekende stralen kunnen worden beschreven.

§ 141. Het onderzoek en de regeling van den poolplanimeter kan geschieden op de volgende wijze, welke

beschrijving wij ontleenen aan eene Bijlage der Verhandeling van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.

„Bij den pool-planimeter moet de lijn, gaande van de stift naar de as, waarom de stift draait, evenwijdig loopen met de as, waarom het rolletje draait. Om dit te onderzoeken, meet men een zelfde figuur, zoowel met de pool veraf als met de pool dichtbij, waarbij men dan dezelfde waarde voor *U* moet vinden. Zijn de waarden niet gelijk, maar verkrijgt men bij den *grootsten* afstand van de pool de *grootste* waarde van *U*, dan wijkt de stift af in eene richting, *van* de pool *afgekeerd*. Met behulp van de correctieschroeven, die op de as van het rolletje werken, moet men alsdan de correctie uitvoeren. Bij dit onderzoek is het wenschelijk, diezelfde figuur ook nog in een of twee tusschenstanden te meten, ten einde uit de geregelde toeneming en afneming van *U* met den afstand van de pool de zekerheid te verkrijgen, dat het gevonden verschil werkelijk het gevolg is van de niet juiste regeling en niet van de toevallige fouten in de waarnemingen.

De constante *A* is bij dezen planimeter rechtstreeks evenredig met den afstand van de stift tot de as, waar zij om draait. De arm, waardoor beide verbonden zijn, kan meestal in- en uitgeschoven worden, waardoor die afstand kan veranderd worden; door middel van eene verdeeling op den arm en een index of nonius kunnen verschillende standen aangenomen worden, waarbij *A* eene bepaalde waarde heeft, overeenkomende met een rond getal. Deze afstanden zijn meestal bij den planimeter opgegeven en soms ook nog door een streepje op den arm aangegeven.

Ten einde te onderzoeken, of die standen goed zijn opgegeven, meet men eene bekende figuur na. Vindt men den juisten inhoud, dan is het goed. Vindt men eene te groote waarde, dan moet de arm langer gemaakt, dus uitgeschoven worden. Vindt men eene te kleine waarde, dan moet hij ingeschoven worden. Hoeveel de arm in- of uitgeschoven moet worden, berekent men gemakkelijk uit de formule:

$$\frac{I - I^1}{I^1} a,$$

waarin I de inhoud is, dien men moest vinden, I^1 de gevonden inhoud en a de afstand van de stift tot de as beteekent.

Met behulp van de verdeeling kan men gemakkelijk den arm zooveel verschuiven als men berekend heeft."

§ 142. **Transformatie.** Tot het bepalen van den inhoud van figuren, ingesloten door rechte lijnen, kan men ook gebruik maken van het middel der *transformatie.*

Hierbij wordt de figuur tot een gemakkelijker te berekenen figuur van denzelfden inhoud teruggebracht.

Een voorbeeld geven wij in figuur 110.

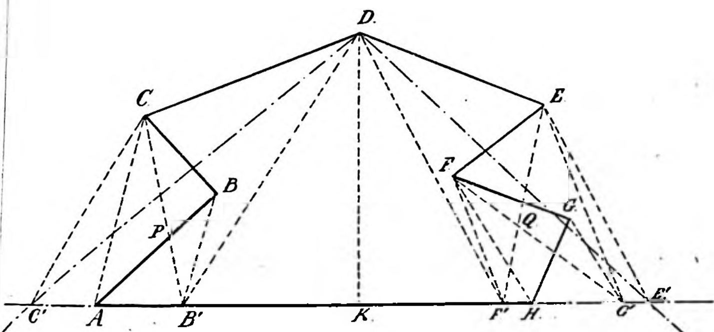


Fig. 110.

Hierbij wordt de figuur door lijnen in driehoeken verdeeld en worden deze driehoeken veranderd in andere driehoeken met gelijke basis en gelijke hoogte (dus gelijken inhoud). Zoo is in onze figuur $\triangle\ B^1\ B\ C = \triangle\ A\ B\ B^1$ en $\triangle\ P\ C\ B = \triangle\ A\ P\ B^1$. De driehoek $B^1\ C\ D$ heeft dus denzelfden inhoud als de figuur $A\ B\ D\ B^1$. $\triangle\ B^1\ C\ D$ wordt nu veranderd in $\triangle\ B^1\ D\ C^1$.

Aan de rechterzijde der figuur hebben we achtereenvolgens:

$$\triangle\ H\ F\ G = \triangle\ H\ F\ G^1$$
$$\triangle\ E\ F\ F^1 = \triangle\ F\ F^1\ G^1$$

$\triangle$ F^1 D E is dus gelijk aan den inhoud van de figuur H G F E D F^1 en ten slotte is:

$$\triangle F^1 D E^1 = \triangle D E F^1,$$

zoodat de figuur A B C D E F G H is getransformeerd in den driehoek C^1 D E^1.

Het berekenen van den inhoud van dezen driehoek is nu eenvoudig te bewerkstelligen door het meten van basis en hoogte.

HOOFDSTUK XVII.

OPNEMEN VAN HOOGTELIJNEN.

§ 143. **Hoogtelijnen.** Ten einde van een geaccidenteerd terrein eene goede voorstelling te verkrijgen, is het meestal niet voldoende, dit terrein in horizontale projectie voor te stellen op de gewone wijze, doch moet ook van elk punt van het terrein de *hoogteligging* onmiddellijk blijken. Daartoe worden op de kaart *hoogtelijnen* (of *tranches*) getrokken, welke door punten van gelijke hoogte gaan. Eene hoogtelijn ontstaat,

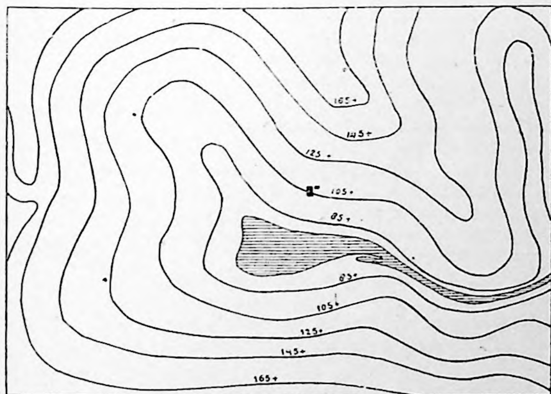


Fig. 111.

indien men het terrein door een horizontaal vlak gesneden denkt. Dit vlak geeft dan ter plaatse der snijding de hoogtelijn aan. Alle punten in deze lijn liggen even hoog ten opzichte van een zelfde waterpasvlak.

Indien men zich door het terrein een *stelsel* van, op onderling

gelijken afstand gelegen, horizontale snijvlakken denkt, dan ontstaat dientengevolge een *stelsel* hoogtelijnen, welke op onderling gelijken verticalen afstand van elkander gelegen zijn. Brengt men deze lijnen op de kaart over, dan geven deze onmiddellijk een duidelijk overzicht van het terrein, zoodat hellingen, hoogste en laagste punten dadelijk in het oog vallen.

Figuur 111 moge dit verduidelijken.

§ 144. **Methoden.** Het opnemen van hoogtelijnen kan op verschillende wijzen geschieden, o. a. :

a. door het meten van lengte- en dwarsprofielen als verticale doorsneden van het terrein (§ 127 en volgende);

b. door opneming met den tachymeter of bij geringe terreinverheffingen met een tot dit doel geschikt waterpasinstrument.

De sub *a* genoemde wijze kan veelal met vrucht toegepast worden bij het ontwerpen van spoor-, tram- of andere wegen. In het langgerekte terrein neemt men dan meestal een lengteprofiel, en verder zooveel dwarsprofielen als noodig, rechthoekig er op.

Brengt men daarna deze profielen in teekening, dan vindt men, door daarin horizontale lijnen te trekken op eene hoogte, overeenkomende met die der te construeeren hoogtelijnen, op eenvoudige wijze de punten dier hoogtelijnen, welke men daarna overbrengt op de kaart.

Wil men op deze wijze eene geheele landstreek opmeten, dan is het noodzakelijk, vooraf langs het lengteprofiel eene waterpassing te verrichten en enkele vaste punten, ter latere contrôle, aan te meten en in het plan op te meten.

§ 145. **Opneming met den tachymeter.** Opmeting van een terrein met den tachymeter *(tachymetrie)* geschiedt op de volgende wijze.

Het te meten terrein wordt eerst door een net in driehoeken verdeeld, waarvan de hoeken worden gemeten en alle verdere gegevens worden bepaald, om dit net in teekening te kunnen brengen.

Ten einde nu de détailpunten, òm een zeker punt van het

net gelegen, op te nemen, stelt men het instrument op in dit punt en richt, om den kijker te oriënteeren, op een ander punt van het net; daarna wordt de stand der noniën op den eersten cirkelrand afgelezen.

De baakhouder plaatst zich nu vervolgens op de détailpunten. De waarnemer richt op de in elk dezer punten gehouden baak en leest de aanwijzing van den onder- en den bovendraad af, terwijl hij tevens den stand der noniën op de beide cirkelranden afleest. Door deze vier grootheden is de ligging van het punt ten opzichte van het net bepaald.

De horizontale afstand wordt dan volgens § 112*a* gevonden uit de uitdrukking:

$$ij = A\ h\ \cos.^2 \alpha$$

Hierin stellen A en p de constanten van den afstandmeter voor en is $h = o - b$, zijnde het verschil der aflezingen respectievelijk volgens den onder- en den bovendraad.

Om de hoogte van het punt, waarop gericht is, te kennen, wordt op den middendraad de hoogte H afgelezen en de gevraagde pikethoogte gevonden (zie § 112*a*) door de formule:

$$H - {}^1/_2\ A\ h\ \sin\ 2\ \alpha,$$

waarmede dan de hoogte van het détailpunt *beneden* de draaiings-as van den kijker wordt bedoeld. Om deze hoogte te herleiden tot het peil van het piket, waarboven het instrument

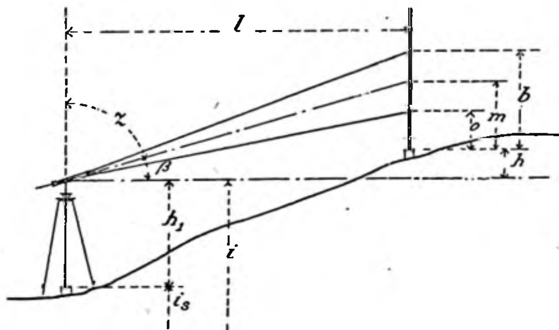


Fig. 112.

is geplaatst, moet de hoogte van de tweede as boven dit piket met een lat of duimstok worden gemeten en bij de hiervoren verkregen hoogte worden opgeteld.

De hoogte H wordt gewoonlijk voldoende nauwkeurig gevonden door hiervoor te nemen $^1/_2\,(o + b)$. Ter contrôle is het evenwel gewenscht, de aflezing van den middendraad steeds te verrichten.

§ 146. Aangezien bij het meten met den tachymeter, zooals wij hiervoren reeds hebben opgemerkt, altijd eenige grootheden berekend moeten worden, is het noodzakelijk, dat de op het terrein verzamelde gegevens nauwkeurig worden genoteerd.

Het hiervoor te gebruiken *tachymeterboekje* kan ingericht zijn als hiernevens is geschetst, waarbij ter toelichting fig. 112 is gevoegd.

Nummer der standplaats	Hoeken		Aflezingen		Schuine afstand $= K(b\text{-}o)$	Horizontale afstand $= l$	$l.$ tg β		h	Peil vizierlijn $= i$	Peil van het punt $i \pm h$	Aanteekeningen
	Horizontaal $= \alpha$	Verticaal $= \beta$	middendraad $= m$	bovendraad $= b$ onderdraad $= o$			+	÷				
						1*)			2*)	3*)		4*)

1*) $l = K\,(b\text{-}o)\cos.^2\beta$; indien men den zenithhoek z meet, is $l = K\,(b\text{-}o)\sin.^2 z$.
2*) $h = l\,\text{tg.}\,\beta - m$; indien men den zenithhoek z meet, is $h = l\cot.\,\beta - m$.
3*) $i = i_s + h_1$ (waarin i_s = peil standplaats en h_1 = instrumenthoogte).
4*) Ruimte voor het maken der schets van de opneming.

§ 147. Opneming met het waterpasinstrument, voorgesteld door fig. 47.

In niet te sterk geaccidenteerd terrein is het opnemen van hoogtelijnen met een *gewoon* waterpasinstrument, hoewel alleszins mogelijk, zeer tijdroovend, en verdient het de voorkeur, een waterpasinstrument te bezigen als voorgesteld is in fig. 47 (§ 46), waarbij met hellende vizierlijn en door middel van de aangebrachte micrometerschroef hoogteverschillen kunnen worden gemeten. Men richt daartoe met horizontale vizierlijn uit het standpunt *Q* (fig. 113) van het instrument op de in *P*

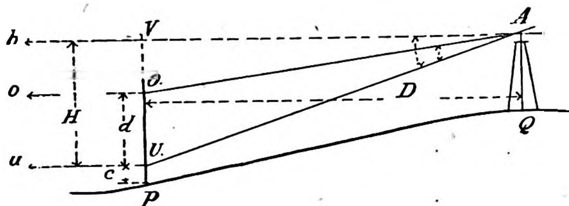


Fig. 113.

geplaatste baak. Blijkt het daarbij, dat de hoogte der baak niet toereikend is om daarop in *V* eene aflezing te verrichten, dan leest men den stand *h* der micrometerschroef af en verricht vervolgens met hellende vizierlijn in twee standen *A O* en *A U* twee baakaflezingen, waarbij de respectieve standen o en *u* der micrometerschroef worden genoteerd. Noemt men het verschil der aflezingen *d*, dan vindt men benaderd voor de hoogte *H* der horizontale vizierlijn boven het punt *U*:

$$H = \frac{h - u}{o - u} d.$$

De afstanden *U V* en *U O* verhouden zich n.l. vòor de kleine waarden der hoeken *V A U* en *O A U* ongeveer als deze hoeken en dus ook als de omwentelingen *h* — *u* en o — *u* der micrometerschroef. Wij hebben dus de evenredigheid: $H : d = h - u : o - u$, waaruit onmiddellijk de waarde van *H* wordt gevonden.

Natuurlijk moet, om de hoogte van de vizierlijn boven het

punt P te vinden, de gevonden waarde van H vermeerderd worden met den afstand c. d. i. de baakaflezing U.

Bij de aflezingen kan eene gewone zelfleesbaak worden gebruikt. Echter geeft eene baak met twee bordjes, bij O en U, welke op een constanten afstand (d) van elkander zijn geplaatst en gezamenlijk verschuifbaar zijn, veel gemak en vereenvoudiging bij de meting.

Het hierbedoelde waterpasinstrument kan tevens voor *afstandmeten* worden gebruikt. Om tot eene formule hiervoor te geraken, beschouwe men de baak als een gedeelte van een cirkel, waarvan de straal is $A\ V = D$. Bij benadering vindt men dan:

$$d = D \times \angle A\,O\,U = D \times \frac{o - u}{S},$$

waarin S eene constante waarde voorstelt. De horizontale afstand D wordt dus uitgedrukt door de formule:

$$\mathbf{D = d\,\frac{S}{o - u}}.$$

De constante S, uitgedrukt door de formule: $S = D\,\frac{o - u}{d}$ wordt bepaald door een afstand D met latten nauwkeurig na te meten.

Aangezien S niet geheel constant is, is het noodig, de waarde van S bij verschillende standen der schroef te bepalen en bij het afstandmeten die waarde te gebruiken, welke overeenkomt met het dan te bezigen gedeelte der schroef.

HOOFDSTUK XVIII.

PEILINGEN.

§ 148. **Peilingen met den stok.** De diepte van eene rivier, een kanaal of anderen waterloop wordt gemeten met den *peilstok*. Bij grootere diepten dan 5 M. wordt het gebruik van peilstokken reeds moeilijk, terwijl het bij 8 M. diepte meestal ondoenlijk is. In dit geval maakt men gebruik van het *peillood*.

Van een *peilstok* of *-stang* is in § 7 reeds eene beschrijving gegeven.

Een *peillood* bestaat uit eene lijn, waarvan het ondereinde voorzien is van een gewicht van 4 K.G. of meer, naarmate van de waterdiepte en de kracht van den stroom. De lijn is door gekleurde leertjes in Meters verdeeld en veelal ook in halve meters; onderdeelen worden zoo noodig geschat.

De uitkomsten der peilingen geven de waterdiepten aan bij den waterstand tijdens de peiling. Men verlangt echter meestal de bodemdiepte te kennen ten opzichte van een vast peil. Daartoe is het noodig, dat men de hoogte van den waterspiegel ter plaatse van de peiling wete, om vervolgens de uitkomsten der peiling te kunnen reduceeren.

Bij kanalen, waar geen verhang aanwezig is, levert het vinden van de vorenbedoelde hoogte geene moeilijkheid op, al is ook de peilschaal, waarop moet worden afgelezen, op eenigen afstand van de plaats der peiling aanwezig.

Bij bovenrivieren kan men eveneens op de vele aangebrachte peilschalen met genoegzame nauwkeurigheid komen tot het bepalen der hoogte van den waterspiegel ten opzichte van *N.A.P.*[1]) Op de benedenrivieren doet zich evenwel de moeilijkheid voor, dat de waterstanden zeer afwisselen door den invloed van ebbe en vloed. Hier kan dus het overbrengen van *N. A. P.*, door het verrichten eener waterpassing, naar de

---

[1]) = Nieuw Amsterdamsch Peil, zijnde de gemiddelde hoogte van den vloed in het IJ bij Amsterdam vóór de afsluiting bij Schellingwoude.

plaats der peiling, noodig zijn. Evenwel geeft de volgende wijze van werken in den regel voldoend nauwkeurige uitkomsten.

Men plaatst b.v. een stok verticaal aan den oever, en teekent hierop den waterstand tijdens de peiling aan. Daarna wacht men het *hoogwater* op dien dag af en geeft op den stok ook de hoogte hiervan aan. Het verschil tusschen den waterstand tijdens de peiling en hoogwater (*H W*) is nu daar ter plaatse bekend. Uit de hoogte, welke het *H W* op dienzelfden dag aan de boven- en benedenpeilschaal heeft bereikt, kan met voldoende nauwkeurigheid de hoogte van *H W* ter plaatse van de peiling worden vastgesteld, waarna natuurlijk ook de hoogte van den waterspiegel bekend is.

Is het doel van de peiling alleen het bepalen van den inhoud van het dwarsprofiel, zooals voor afvoermetingen het geval is, dan heeft men natuurlijk met de hoogte van den waterspiegel ten opzichte van eenig vast peil geene rekening te houden.

§ 149. **Peilingen op den riemslag.** Bij breede rivieren worden, om het bepalen van de plaatsen der peilingen gemakkelijk te maken of deze voorgoed vast te leggen, aan de oevers baken geplaatst. De richting, welke door de baken wordt aangegeven, noemt men *raaien.* Ze zijn gewoonlijk loodrecht op den stroom gericht.

De bepaling der peilingen in die raaien kan door peilen *op den riemslag* geschieden. Men veronderstelt hierbij, dat het schuitje, waarin men zich bevindt, met gelijkmatige snelheid in de raai van den eenen naar den anderen oever wordt geroeid. De peilingen geschieden met gelijke tusschenruimten, d.w.z. na telkens een gelijk aantal riemslagen. De breedte van de rivier uit de kaart of door meting bekend zijnde, kan men gemakkelijk de plaats van elke peiling, dus ook den afstand tusschen elke twee opvolgende peilingen bepalen.

Indien de diepte van de rivier niet te onregelmatig is, is dit peilen in het algemeen voldoende nauwkeurig. In een onregelmatig profiel zijn aan deze methode twee bezwaren verbonden: ten eerste zal de snelheid van het schuitje verschillend zijn naar gelang van de stroomsnelheid op verschillende plaatsen der rivier ; ten tweede zal men afwisselend van peilstok en peillood gebruik moeten maken, waardoor het zoogoed als onmogelijk wordt de peilingen met gelijke tusschenruimte te verrichten.

§ 150. **Peilingen met de sextant.** In het voorafgaande geval, en ook langs *zeeoevers*, zal men daarom beter doen de peilingen te verrichten met behulp van de sextant. Daartoe wordt op den oever, loodrecht op de raai *A B* (fig. 114) eene basis van bepaalde lengte *A C* uitgezet. Het schuitje wordt nu steeds geroeid in de richting *A B*, zoodat de waarnemer in het schuitje zich voortdurend in die lijn bevindt. Heeft men op

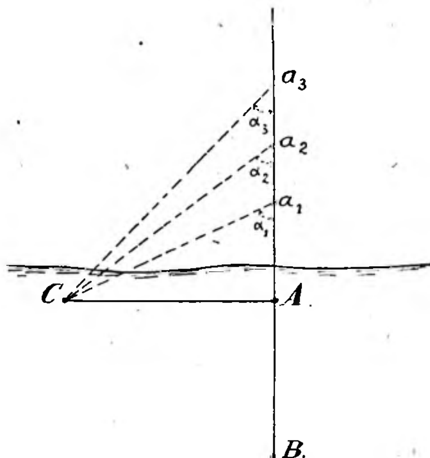


Fig. 114.

eenig punt de baken *A B* in de sextant tot samenvallen gebracht, dan wordt gepeild en meet men den hoek α. Op deze wijze vindt men achtereenvolgens de hoeken α 1, α 2, α 3, waarna men door een eenvoudige trigonometrische berekening de plaatsen *a* 1, *a* 2, *a* 3, enz. der peilingen kan bepalen. Neemt men tusschen de peilingen *a* 1, *a* 2 enz., nog peilingen op den riemslag, dan worden deze regelmatig hiertusschen verdeeld.

Bij voorkeur mete men juist dáár een hoek α, waar men

vermoeden kan, dat de diepte eenigszins belangrijk verandert, en vooral ook op de plaatsen, waar peilstang tegen peillood of omgekeerd verwisseld moet worden.

§ 151. **Peillijn.** Bij kanalen of rivieren met betrekkelijk geringe breedte en waar weinig stroom gaat, peilt men gewoonlijk langs eene lijn, die in Meters is verdeeld. Deze wordt op het oog of tusschen vooraf geplaatste raaien haaks over de rivier gespannen en daarlangs het schuitje door voorttrekken of duwen bewogen.

Bij eenigszins aanzienlijke breedte, van b.v. 200 à 300 M., is het gebruik van eene *peillijn* reeds bezwaarlijk, aangezien de lijn in die gevallen door tusschengelegen schuitjes boven water moet worden gehouden. Het peilen met behulp van de sextant is daarom ook in die gevallen aan te bevelen.

§ 152. **Fouten bij het peilen.** Men moet er bij het peilen vooral op letten, dat de peilstok zoo na mogelijk te lood wordt gehouden, daar de fout, door den schuinen stand veroorzaakt, *altijd* ten gevolge heeft, dat de diepte te *groot* wordt gemeten. Het is echter bij eenige geoefendheid niet moeilijk, deze fout te vermijden of althans tot een zeer klein bedrag te beperken; immers is bij eene afwijking van den peilstok uit den loodrechten stand van $^1/_{10}$ (welke afwijking zeer goed waarneembaar is) de fout slechts $^1/_{200}$ of $^1/_2$ %.

HOOFDSTUK XIX.

UITZETTEN.

§ 153. **Uitbakenen van rechte richtingen met den theodoliet.** Het uitbakenen van rechte richtingen geschiedt het nauwkeurigst met den theodoliet. Bij voorkeur gebruikt men daarvoor een theodoliet met doorslaanden kijker. Voor het uitbakenen van de assen van spoor- en tramwegen is een theodoliet met doorslaanden kijker onmisbaar. Het inmeten van de piketten geschiedt gelijktijdig met het uitzetten der as. De nummers der aspiketten worden, zoo de as over een bestaanden weg loopt, op andere piketten bij voorkeur met verf aangegeven. Deze z.g. *aanwijzers* worden tegenover de aspiketten in den berm van den weg geplaatst. De aspiketten worden tot gelijk met het wegvlak ingedreven.

Bij vrije baan laat men het aspiket 15 à 20 c.M. boven het terrein uitsteken en wordt het nummer op het aspiket zelve aangebracht. Naast het aspiket wordt dan een zoogenaamd „waterpaspiket" ingedreven tot het bovenvlak van het terrein. Op deze piketten wordt bij het waterpassen de baak geplaatst.

Is de te gebruiken theodoliet geschikt voor slagen van 200 M., dan plaatst men hem telkens boven een hoofdpiket, en plaatst het volgende hoofdpiket en de tusschenpunten door doorslaan van den kijker. De uitgezette as wordt, ten minste op elk hoofdpiket, door een spijkertje aangegeven.

Is het te voorzien, dat eene richting geruimen tijd op het terrein moet worden bewaard, dan is het wenschelijk, de eindpunten en, zoo noodig, één of meer tusschenpunten, door hardsteenen of gemetselde neuten vast te leggen.

In dergelijke gevallen worden meestal op geregelde afstanden tevens hooge vaste bakens opgericht, waardoor men in staat is zich steeds gemakkelijk op het terrein te oriënteeren.

§ 154. **Uitzetten van bogen.** Het uitzetten van bogen geschiedt met den theodoliet. Daartoe worden eerst de *hoofdpunten*

uitgezet; dit zijn (fig. 115) 1° het hoekpunt *H*; 2° de tangentpunten T_1 en T_2 — zijnde de aansluitingspunten van den boog aan de rechte gedeelten —, en 3° het midden *M* van den boog. Het middelpunt *O* wordt op het terrein niet aangegeven, zoodat hiervan dus geen gebruik kan worden gemaakt.

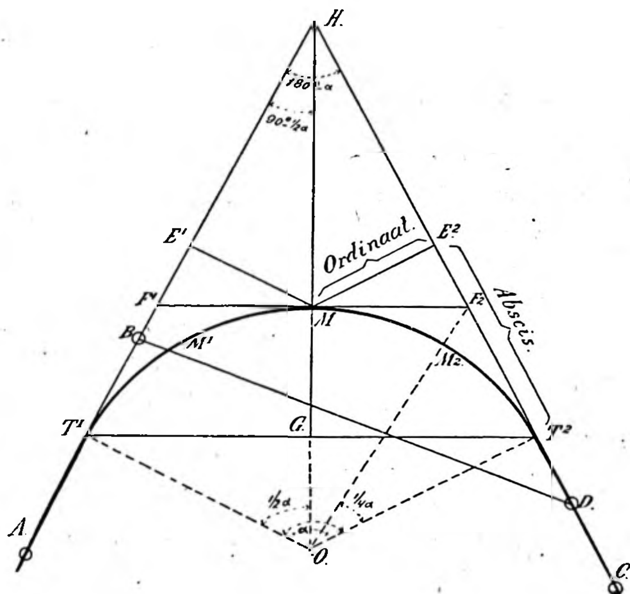


Fig. 115.

De richtingen *A B* en *D C* van de rechte gedeelten zijn op het terrein aangegeven. Zij worden verlengd tot hun snijpunt *H*, in welk punt men den theodoliet plaatst. De hoek, door de beide richtingen gevormd, wordt nu nauwkeurig gemeten. Hij

is gelijk aan het supplement van den middelpuntshoek α, zoodat door aftrekking van 180° deze laatste hoek gevonden wordt. Is het hoekpunt H ontoegankelijk, dan kan men een hulpdriehoek $H\ B\ D$ ontwerpen en door het meten van de hoeken $A\ B\ D$ en $C\ D\ B$ den tangentenhoek berekenen.

Gelijktijdig met het meten van den tangentenhoek in H, wordt de helft van dien hoek uitgezet in de richting $H\ M$, om daarop onmiddellijk van uit H den afstand $H\ M$ te kunnen uitmeten om het punt M (midden boog) te bepalen.

Daar de straal R van den boog gegeven is, kan men uit dezen en den hoek α de volgende grootheden berekenen:

De lengte van den boog $T_1\,M\,T_2$ is $= R\,\frac{\pi}{180^0}\,\alpha$.

De tangenten $H\,T_1$ en $H\,T_2$ zijn $= R$ tang. $^1/_2\,\alpha$.

De afstand van het hoekpunt tot het midden van den boog

of $H\,M = R$ (sec. $^1/_2\,\alpha - 1$)

$= R$ tang. $^1/_2\,\alpha$ tang. $^1/_4\,\alpha$.

Verder is $T_1\,E_1 = T_2\,E_2 = T_1\,G = T_2\,G = R$ sin. $^1/_2\,\alpha$.

$E_1\,M = E_2\,M = G\,M = R\,(1 -$ cos. $^1/_2\,\alpha) =$

$R\,2$ sin.$_2$ $^1/_4\,\alpha$.

$T_1\,F_1 = T_2\,M = M\,F_2 = F_2\,T_2 = R$ tang. $^1/_4\,\alpha$.

Met behulp van een gewone en goniometrische logarithmentafel*) kunnen deze grootheden worden berekend. Dit berekenen is evenwel een vrij omslachtig werk, waarom men er op bedacht is geweest, in bijzonder daartoe ingerichte werkjes de waarden dier grootheden voor verschillende waarden van den hoek en voor bogen van een bepaalden straal, b.v. van 1, 100 of 1000 M., in tabellen te verzamelen, welke werkjes bij het uitzetten van bogen schier onmisbaar zijn.

Voor zoover ons bekend, bestaat er geen *oorspronkelijk* Hollandsch „bogenboekje". In Duitschland hebben echter verscheidene het licht gezien. Wij kunnen den lezers aanbevelen: „O. Sarrazin und H. Oberbeck, Taschenbuch zum Abstecken von Kreisbogen". Weliswaar is hiervan indertijd

*) Een met duidelijke cijfers gedrukt boekje is: Gewone en Goniometrische Logarithmen in 5 decimalen. Amsterdam, A. Versluys.

eene Nederlandsche vertaling verschenen, doch deze is sinds geruimen tijd uitverkocht en zal, naar wij vernemen, vermoedelijk niet worden herdrukt. Men is dus thans aangewezen op het gebruik van eene uitgave in eene andere taal.

§ 155. Wij laten hier een voorbeeld volgen van de wijze van berekening der hoofdpunten van een boog met behulp van het genoemde boekje.

Zij gegeven: de tangentenhoek = 126° 19′
en de straal = 1000 M.

Wij zoeken in het boekje in tabel 1 de pagina, waarop de middelpuntshoek van den gevraagden boog voorkomt, dat is een hoek van 179° 60′ — 126° 19′ = 53° 41′, en vinden voor een boog met een straal = 1, voor hoeken van 53° 40′ en 53° 42′ de waarden onmiddellijk uitgedrukt in de tabel. Voor den hoek van 53° 41′ moet van deze twee waarden het gemiddelde worden genomen.

Wij moeten nu, daar de gegeven straal 1000 M. is, de gevonden cijfers met 1000 vermenigvuldigen en vinden dan uit deze tabel achtereenvolgens:

1°. de tangenten = 506.05 M.;
2°. den afstand van het hoekpunt tot het midden van den boog = 120.75 M.;
3°. den afstand van de koorde tot midden boog = 107.74 M.;
4°. de halve koorde = 451.53 M.;
5°. de booglengte = 936.95 M.;

en zijn dus in staat, de hoofdpunten van den boog nauwkeurig op het terrein uit te zetten.

De booglengte te kennen is van belang, aangezien men daardoor in staat is om, zoodra het eene tangentpunt bekend is, het andere te bepalen.

B.v. indien T_1 ligt bij Piket 122 + 46.34
booglengte 9 + 36.95
dan ligt T_2 bij Piket 131 + 83.29 opt.

In plaats van met de letters in fig. 115 worden de piketten voor de hoofdpunten van den boog door sommigen gemerkt met:

H P = hoekpunt.	*E B* = eind boog.
B B = begin boog.	*MB* = midden boog.

Deze methode is zeer practisch en voorkomt verwarring.

§ 156. Zijn de hoofdpunten van een boog bepaald, dan kan men overgaan tot het bepalen der tusschenpunten. Dit kan op verschillende wijzen geschieden en staat in nauw verband met de gesteldheid van het terrein.

Wij onderscheiden de volgende methoden:

1°. *Rechthoekige coördinaten met gelijke abscissenverschillen.*

2°. „ „ „ „ *boogverschillen.*

3°. *Pool-coördinaten.*

Deze methoden zijn toepassellijk bij *open terrein.* Het uitzetten geschiedt hierbij van uit de tangentenpunten en van de uit die punten bekende raaklijnen T_1 H en T_2 H (fig. 115). Bij bogen van groote lengte kan men ook uitgaan van het punt M en dus in vier stukken uitzetten, terwijl bij zeer groote bogen reeds uitgezette punten M_1 en M_2 van den boog voor het verdere uitzetten dienst kunnen doen.

Bij *dicht begroeid terrein* en in *tunnels,* waarbij men uit den aard der zaak slechts over eene beperkte ruimte ter zijde van een boog kan beschikken, zijn de vorenstaande methoden ongeschikt en wordt meestal de volgende toegepast:

4°. *Ingeschreven veelhoek.*

Natuurlijk is deze laatste methode evengoed bij open terrein toe te passen.

Hieronder geven wij eene afzonderlijke beschrijving van elk der bovengenoemde methoden.

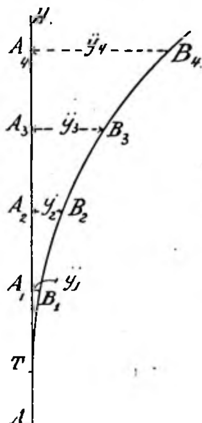


Fig. 116.

§ 157. **Rechthoekige coördinaten met gelijke abscissenverschillen.** Op de raaklijn TH (fig. 116) worden de abscissen TA_1, A_1A_2, A_2A_3 enz. van onderling gelijke lengte afgemeten. In de aldus verkregen punten A_1, A_2 enz. worden loodlijnen A_1B_1, A_2B_2 enz. opgericht, waarop respectievelijk afstanden: y_1, y_2 enz. worden uitgezet. Deze ordinaten moeten berekend worden uit de abscissen $TA_1 = x_1$; $TA_2 = x_2$ enz. De formule daarvan is:

$$y = R - \sqrt{(R^2 - x^2)}.$$

Hierbij laat men de waarde van x met

gelijke verschillen opklimmen. Voor x neme men een rond getal, b.v. 10 M.; x_2 is dan 20 M., $x_3 = 30$ M., enz.

In de meergenoemde bogenboekjes vindt men direct de waarde van *ij* voor verschillende waarden van x en voor verschillende stralen van den boog opgegeven.

§ 158. **Rechthoekige coördinaten met gelijke boogverschillen.**

De abscissen en ordinaten worden bij deze methode (zie fig. 116) op dezelfde wijze uitgezet als in de vorige paragraaf is beschreven. De bij elkaar behoorende abscissen en ordinaten worden echter zoodanig bepaald, dat de bogen $T\,B_1$, $B_1\,B_2$ enz. onderling gelijk worden.

De formules zijn de volgende, waarin de boog door b is voorgesteld:

$$x = R \sin. n\,\beta$$
$$ij = R\,(1 - \cos. n\,\beta) = R.\,2 \sin.^2 {}^1/_2\, n\,\beta,$$

β is hierin in graden uitgedrukt: $= \dfrac{180\,b}{\pi\,R}$.

n wordt achtereenvolgens genomen = 1, 2, 3 enz.

Ook de voor deze methode benoodigde waarden van x en *ij* vindt men in de bogenboekjes uitgedrukt.

Het verschil tusschen de twee voorgaande methoden is gering. In de eerste verkrijgt men over den boog stukken van *ongelijke* lengte, wat bij groote bogen hinderlijk kan zijn. Bij de tweede echter wordt de boog in *gelijke* stukken verdeeld, wat o. i. de voorkeur verdient, daar men hierbij tevens contrôle uitoefent op de lengte van den boog en het doornummeren van de piketten geene bezwaren medebrengt. Ook kan men bij deze methode de uitgezette punten controleeren, door van punt tot punt de koorden te meten, welke natuurlijk gelijk moeten zijn.

§ 159. **Poolcoördinaten.** Bij deze methode (fig. 117) worden van uit het tangentenpunt T achtereenvolgens hoeken $H\,T\,B_1$, $H\,T\,B_2$, $H\,T\,B_3$ enz. uitgezet, respectievelijk gelijk γ, 2γ, 3γ enz. Gelijktijdig worden uitgezet de gelijke koorden $T\,B_1 = B_1\,B_2 = B_2\,B_3$, enz.

De hoek γ wordt zoodanig gekozen, dat de koorden $T\,B_1$, $B_1\,B_2$ enz. ($= c$) juist de lengte van den meetketting hebben.

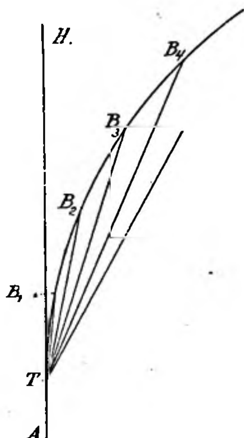


Fig. 117.

De formule voor 't bepalen van de grootte van γ is:

$$\sin.\ \gamma = \frac{c}{2\ R}.$$

Bij 't uitzetten plaatst men het eene uiteinde van den ketting in een reeds uitgezet punt en bepaalt de plaats van het andere uiteinde door middel van den theodoliet.

Ten gevolge van terreinhindernissen kan het voorkomen, dat men niet alle punten van den boog van uit het tangentenpunt kan uitzetten; kan men b.v. niet verder komen dan tot het punt B_6, dan wordt het instrument opgenomen en in dat punt geplaatst. Men richt nu, na opstelling, op het tangenpunt T en verdraait, om de raaklijn in dat punt te vinden, den kijker een hoek $n\ \gamma$, waarin n een coëfficiënt voorstelt, welke bepaald wordt door het aantal uitgezette stukken, dat zich bevindt tusschen de 1e en 2e standplaats van het instrument (in ons geval = 6). Daarna slaat men den kijker door en zet van uit het punt B_6 de uitzetting voort.

In de bogenboekjes zijn voor de meest voorkomende stralen de waarden van γ, en van de veelvouden daarvan, opgegeven.

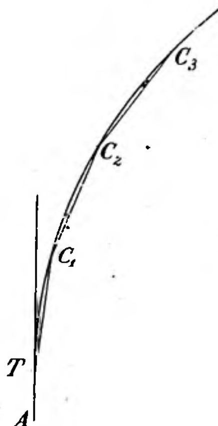


Fig. 118.

§ 160. **Ingeschreven veelhoek.** Van uit T (fig. 118) wordt de veel-

hoek $T C_1 C_2 C_3$ enz. uitgezet door het meten van de lengten der zijden en het uitzetten van de grootte der hoeken.

De zijden T C_1 C_1 C_2 enz. neemt men gelijk (stel $= d$).

In T zet men een hoek $180°$ δ uit en in ieder der punten C_1, C_2, C_3 enz. een hoek van $180° - 2\,\delta$. De waarde van δ wordt gevonden uit de vergelijking:

$$\sin.\,\delta = \frac{d}{2\,R}.$$

Daar bij elk punt het instrument verplaatst moet worden, wat zeer veel tijd vordert, zal men de punten C zoo ver mogelijk uit elkaar nemen.

Liggen de aldus gevonden punten te ver uit elkaar om den

Fig. 119.

boog met voldoende nauwkeurigheid te kunnen bepalen, dan kan men tusschen elke twee punten nog een punt bepalen, door de koorde middendoor te deelen en in dat punt eene loodlijn op te richten. Aan deze loodlijn geeft men de lengte van den pijl p, welke men vindt uit de formule:

$$p = R - \sqrt{[R^2 - (^1/_2\,d)^2]}.$$

Zijn nog meer punten gewenscht, dan worden deze van uit de koorde uitgezet. De abscissen worden uitgemeten uit het midden der koorde, terwijl de ordinaten er loodrecht op worden geplaatst. Deze ordinaten hebben eene lengte $= p$, verminderd

met de lengte der ordinaten, in § 157 of 158 gevonden. De waarde van *p* wordt in de bogenboekjes voor verschillende stralen en koordelengten opgegeven.

§ 161. De *algemeene gang* der meting bij het uitzetten van bogen is nu als volgt.

De rechte richtingen *A B* en *C D* (fig. 119) worden verondersteld reeds op het terrein door piketten te zijn aangegeven. De juiste richting behoort op den kop van elk piket door een loodrecht ingeslagen spijkertje te worden aangewezen.

Om nu het hoekpunt *H* te bepalen, plaatst men eerst achter de piketten *A*, *B*, *C* en *D* jalons en begeeft zich daarna in de richting *H*, om op het oog zoo na mogelijk ook in dit punt een jalon te plaatsen, welk aldus bepaald punt door een piket met breed kopvlak wordt vastgelegd. Alsnu wordt het instrument zuiver loodrecht boven den spijker in *D* opgesteld. Men richt nu den kijker op C en na dóórslag op *H*. Men kan dan op het hoekpiket de richting bepalen, waarin het spijkertje, dat het hoekpunt aangeeft, moet worden geslagen. Om echter de juiste plaats te weten, zou men ook gelijktijdig van uit *B* met een anderen theodoliet die richting moeten bepalen. Daar dit evenwel gewoonlijk niet mogelijk is, plaatst men op korten afstand van *H* (b.v. 0.30 M.) twee hulppiketten *c* en *d* en geeft de richting der tangent met spijkertjes aan. Slaat men deze piketten op eene zoodanige hoogte, dat de kopvlakken van *c*, *H* en *d* nagenoeg in 'tzelfde vlak liggen, dan kan men, door een liniaal langs de spijkertjes *c* en *d* te leggen, op den kop van het piket *H* eene potloodlijn trekken, waarin dan het spijkertje voor *H* moet worden geplaatst.

Het instrument kan nu verplaatst worden naar B, waar men op overeenkomstige wijze de richting der tangent aangeeft en het spijkertje voor het hoekpunt doet plaatsen in de vorenbedoelde potloodlijn op het piket *H*.

De hulppiketten *c* en *d*, waarvan de respectieve afstanden tot het punt *H* worden genoteerd, kunnen later van nut zijn bij het opzoeken van het hoekpunt. Om den juisten stand hiervan te verzekeren, plaatst men dikwijls ook in de andere tangent nog twee hulppiketten *a* en *b*, waarvan de afstanden tot *H* eveneens worden opgeschreven.

Het instrument wordt nu opgenomen en in het hoekpunt

H geplaatst, waarna de hoek *A H C* wordt gemeten. Men overtuigt zich daarbij nog eens, dat de spijkertjes op *D* en op *B* respectievelijk in de vizierlijnen liggen en alzoo geene fout is begaan. Het is gewenscht, den hoek tweemaal te meten.

Is de grootte van den hoek bekend, dan worden uit de gevonden waarde, met behulp van het bogenboekje, de tangent, de afstand *H M* en de booglengte bepaald. De tangenten worden nu uitgemeten, door piketten vastgelegd en deze van een spijkertje voorzien. Daarna becijfert men, welke hoek op den rand moet worden gesteld om de deellijn *M H* van den tangentenhoek te vinden, zet vervolgens dezen hoek uit en meet in de gevonden richting den afstand van het hoekpunt tot het midden van den boog uit, waardoor het punt *M* wordt gevonden, dat natuurlijk onmiddellijk door een piket wordt vastgelegd en door een spijkertje aangegeven.

Het plaatsen der piketten geschiedt het vlugst, door eerst het punt, door het plaatsen van een jalon, te doen bepalen.

Zijn op de hierboven beschreven wijze de hoofdpunten van den boog vastgelegd, dan kan met 't bepalen der tusschenpunten worden begonnen volgens een der opgegeven methoden, wat na het voorgaande wel geene moeilijkheden meer zal opleveren.

§ 162. **Uitzetten van gebouwen.** Door zeer vele bouwkundigen wordt bij het uitzetten van een gebouw nog gebruik gemaakt van de meest primitieve hulpmiddelen. Voor het uitzetten van een rechten hoek b.v. wordt een groote winkelhaak gebruikt of wordt een rechthoekige driehoek uitgemeten, door de zijden achtereenvolgens 3, 4 en 5 M. te nemen. Deze wijze van werken, hoewel voor kleine werken voldoende, geeft echter geenszins nauwkeurige uitkomsten. *Nauwkeurig* uitzetten kan alleen geschieden met een goed instrument. Onzes inziens wordt door onze burgerlijke bouwkundigen ten onrechte veel te weinig gebruik gemaakt van hoekmeet- of waterpasinstrumenten.

Ons heeft de ondervinding geleerd, dat het uitzetten van een gebouw met een *goed* instrument veel vlugger en juister kan geschieden, dan op de eerstgenoemde wijze.

Het instrument, dat voor burgerlijke bouwkundigen het meest doelmatig geacht moet worden, is een theodoliet met doorslaanden kijker (zie fig. 75). Met dit instrument kan men :

a. alle gewenschte hoeken uitzetten;
b. waterpassen;
c. loodlijnen uitzetten of verticale vlakken aangeven of controleeren.

Hoewel, zooals wij reeds opmerkten, de theodoliet als het meest doelmatige instrument moet worden beschouwd, kan men echter ook reeds uitmuntende diensten hebben van een eenvoudiger instrument, b.v. van een waterpasinstrument met verdeelden cirkelrand (zie fig. 40) of van een zakwaterpas-instrument (tevens hoekmeetinstrument).

Natuurlijk kan men, indien men de hoeken wenscht uit te zetten met een équerre, spiegelkruis of prisma, voor het waterpassen volstaan met een waterpasinstrument alleen, waarvoor men elk dusdanig instrument kan gebruiken. Men houde echter bij het kiezen van een instrument rekening met de belangrijkheid en de geëischte mate van nauwkeurigheid van het uit te voeren werk. 't Behoeft geen betoog, dat, waar een eenvoudig zakwaterpasinstrument bij kleine werken goed kan voldoen, daarentegen bij grootere werken een grooter instrument aanbevelenswaardiger is.

§ 163. Bij het uitzetten van een gebouw wordt de breedte van elken muur aangegeven op een verticaal geplaatst plankje, waarvan de bovenzijde horizontaal loopt en dat aan twee in den grond geslagen piketten wordt bevestigd (fig. 120 bij *x*). De aangegeven breedtematen worden op de plankjes met menie aangestreken, opdat zij goed in het oog vallen.

Het uitzetten met een kijkerinstrument geschiedt nu op de volgende wijze. (Zie fig. 120.)

De rooilijn of de richting van den voorgevel gegeven zijnde, plaatst men in deze lijn twee piketten *P* en *Q*, waarop door spijkertjes de juiste richting wordt aangegeven. Men stelt nu het instrument in *Q* zoodanig op, dat het aan het instrument hangende puntloodje juist boven den spijker hangt, en richt op *P*. Vervolgens plaatst men in het punt *A* der rooilijn, in welk punt het hoekpunt van een der buitenhoeken van het gebouw moet komen, een piket en voorziet dit, door er met den kijker van het instrument op te richten, juist in het hoekpunt van een spijkertje. Alsnu wordt het instrument opgenomen en boven piket *A* opgesteld, natuurlijk alweder zoodanig, dat de

verlengde verticale as van het instrument door den spijker op *A* gaat; daarna richten we op *Q* en plaatsen onderwijl op voldoenden afstand uit de buitenhoekpunten *A* en *B* van den muur, respectievelijk de hiervoren bedoelde plankjes bij *a* en *b*.

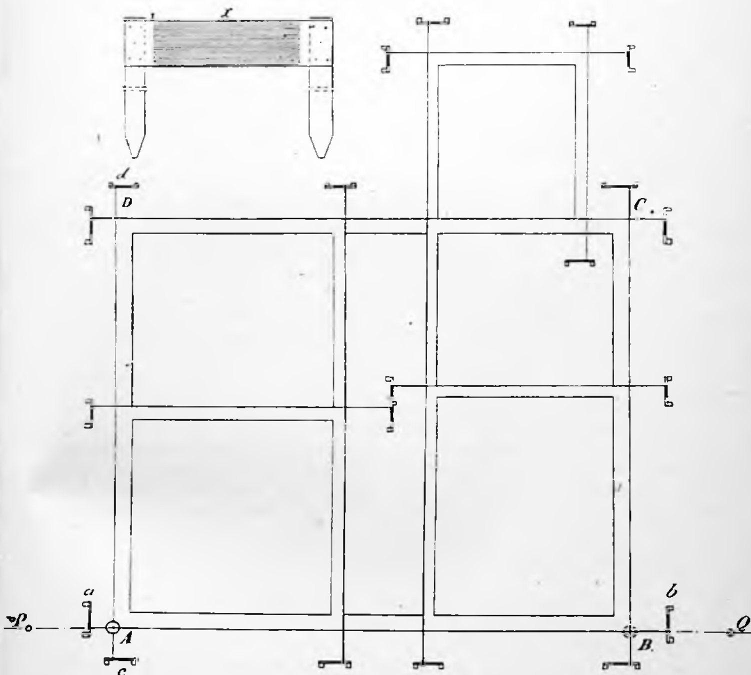


Fig. 120.

Op *b* wordt nu in de vizierlijn van den kijker een spijkertje geplaatst, dat dus den voorkant van den gevelmuur aangeeft. Slaat men den kijker door, dan kan men meteen op *a* een

spijkertje plaatsen tot hetzelfde doel. Vervolgens wordt de kijker zuiver 90^0 omgedraaid (in de veronderstelling n.l., dat de hoek *A* van het gebouw haaksch moet worden,) en wordt met den kijker op overeenkomstige wijze op de plankjes *c* en *d* door middel van spijkertjes de buitenlijn van den zijmuur aangegeven.

Hierna meet men de buitenwerksche gevelbreedte *A B* van het gebouw nauwkeurig met latten of een stalen meetveer van af *A* uit en plaatst in het aldus gevonden punt *B* een piket. Door nu den kijker wederom op *Q* te richten, kan men in de vizierlijn op piket *B* het spijkertje aangeven voor het hoekpunt van den anderen hoek. Daarna verplaatst men het instrument naar dit piket, om op gelijke wijze hoek *B* uit te zetten.

Aldus rondgaande, bepaalt men alle noodige hoekpunten van het gebouw en meet vervolgens de breedte der muren op de plankjes af. Het is zeer nuttig, de bovenkanten der plankjes zoo mogelijk alle op dezelfde hoogte te stellen. Dit kan gemakkelijk onder het uitzetten geschieden, door den kijker even waterpas te stellen en op de plankjes een baak te doen plaatsen, waarbij de aflezingen op die baak berekend worden naar de aflezing op een of ander vast punt, waarvan de hoogte te voren is opgenomen.

De hoogte van het peil wordt vervolgens op het terrein door een vast punt aangegeven, bij voorkeur door het bovenvlak van een stevig ingeslagen paal of van eene gemetselde neut. Het levert bij den opbouw veel gemak op, in het midden van elk vertrek eene zoodanige neut aan te brengen, waarop men eenvoudig de waterpasrij kan leggen om naar de hoeken van elk vertrek de hoogte over te brengen. Voor het overbrengen der hoogte op de neuten is het meestal doelmatig, het instrument in het midden van het gebouw op te stellen.

§ 164. **Uitzetten van eene brug.** Het uitzetten van eene brug ten behoeve van vernieuwing of nieuwbouw zal na het voorgaande wel geene gedetailleerde beschrijving behoeven.

In de allereerste plaats moet de as nauwkeurig worden uitgezet. Hiervoor wordt aan elken kant van den oever een punt bepaald, door meting op de situatie ten opzichte van bestaande punten. Natuurlijk moeten deze aspunten op zoodanige plaatsen worden gekozen, dat zij tot 't einde van het werk bewaard blijven.

Zij worden veelal door stevig ingeslagen palen of gemetselde

neuten vastgelegd, welke van een stevigen spijker worden voorzien, waaraan de draad, aangevende as, kan worden bevestigd.

De voorkant *A* van het eene landhoofd wordt eveneens bepaald naar meting op de situatie. De voorkant *B* van het andere wordt gevonden door de wijdte tusschen de landhoofden uit te meten. Bij betrekkelijk geringe breedte kan de meting rechtstreeks geschieden met latten of meetveer. Bij aanzienlijke breedte is dit evenwel niet met de vereischte nauwkeurigheid te bewerkstelligen. In zoo'n geval kan men de breedte op de volgende wijze bepalen.

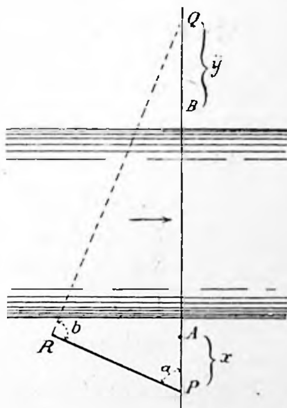


Fig. 121.

Wij nemen hiervoor een geval als in fig. 121 is aangegeven. Hierin geven *P* en *Q* de aspiketten en geeft het punt *A* den voorkant van het eene landhoofd aan.

Men meet nu op het terrein eene basis *R P* uit, gemakshalve tot een rond getal meters, b.v. ééne kettinglengte, doch bepaalt het punt *R* zoodanig, dat van daaruit de punten *P* en *Q* gemakkelijk zijn waar te nemen. Op deze wijze ontstaat de driehoek *R P Q*, waarvan nu de hoeken aan de basis a en *b* worden gemeten. Uit deze gegevens berekent men den afstand *P Q* door de formules:

$$\angle\, R\,Q\,P = 180^0 - a - b$$

$$\text{en} \qquad P\,Q = \frac{P\,R\ \text{sin.}\ b}{\text{sin.}\ R\,Q\,P}.$$

Van dezen afstand *P Q* wordt de reeds *bekende* afstand *A P* = *x* afgetrokken, waardoor de lengte van *A Q* bekend is. Hiervan wordt vervolgens de bepaalde brugwijdte afgetrokken, waarna men den afstand *Q B* = *ij* vindt. Zet men dezen afstand uit op de lijn *Q P*, dan is hierdoor het punt *B* bepaald en is *A B* de gevraagde brugwijdte.